# Auflösungen

der

# Aufgaben des Grundrisses

der

## Physik und Meteorologie,

sowie

des dazu gehörigen mathematischen

## Supplementbandes

von

**Dr. Joh. Müller,**

Professor zu Freiburg im Breisgau.

---

Dritte Auflage.

---

Mit in den Text eingedruckten Holzstichen.

---

Braunschweig,

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1875.

# Ankündigung.

---

Eine Veröffentlichung der Resultate aller in meinem Grundriß der Physik und Meteorologie und dem dazu gehörigen mathematischen Supplementbande enthaltenen Aufgaben, schien mir schon der Vollständigkeit wegen nothwendig.

Diese Auflösungen bieten einerseits die Garantie, daß die Aufgaben selbst richtig gestellt sind, andererseits aber bieten sie beim Selbststudium sowohl als auch beim Schulunterrichte eine Controle für die Ausführung der Auflösung.

Die Auflösungen sind in einem selbstständigen Heftchen erschienen, damit die Lehrer, je nachdem sie es für zweckmäßig halten, dieselben den Schülern in die Hand geben können oder nicht.

Ein Blick auf das Inhaltsverzeichniß zeigt schon, daß die Aufgaben ziemlich gleichmäßig alle Theile der Physik behandeln, daß aber der Elektricitätslehre und namentlich der Lehre vom Galvanismus eine größere Berücksichtigung zu Theil wurde, als es in den Aufgabensammlungen bis jetzt der Fall war.

Freiburg, im April 1875.

**J. Müller.**

# Auflösungen

der

# Aufgaben des Grundrisses

der

## Physik und Meteorologie,

sowie

des dazu gehörigen mathematischen

## Supplementbandes.

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

# Auflösungen

der

# Aufgaben des Grundrisses

der

## Physik und Meteorologie,

sowie

des dazu gehörigen mathematischen

# Supplementbandes

von

Dr. Joh. Müller,
Professor zu Freiburg im Breisgau.

---

Dritte Auflage.

---

Mit in den Text eingedruckten Holzstichen.

---

Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.
1875.

# Vorrede.

Die vorliegende dritte Auflage der „Auflösungen“ entspricht der Sammlung von Aufgaben, wie sie der 12. Auflage des „Grundrisses“ so wie der 3. Auflage des „Supplementbandes“ angehängt worden sind. Dem vermehrten und verbesserten Inhalt des Grundrisses und des Supplementbandes entsprechend ist nicht nur die Zahl der Aufgaben und Auflösungen vermehrt, sondern sie haben theilweise auch entsprechende Umänderungen erfahren. Die Resultate der Rechnungsaufgaben sind bald nur in numerischen Werthen angegeben, bald verfolgen sie mehr oder weniger ausführlich den Gang der Entwicklung. Die graphischen Auflösungen sind nur theilweise gegeben und namentlich diejenigen weggelassen, welche ein größeres Format erfordert haben würden.

Freiburg, im April 1875.

J. Müller.

# Auflösungen

der

# Aufgaben

zum

# Grundriß der Physik

und

# Meteorologie.

# Einleitung.

## Specifisches Gewicht.

1. $S = \frac{53}{6} = 8{,}833.$

2. $V = \frac{59}{2{,}84} = 20{,}774$ Cubikdecimeter.

3. $P = 6{,}8 \,.\, 7{,}8 = 53{,}04$ Kilogramm.

4. $V = \frac{4}{3} \cdot 3{,}14\, r^3 = \frac{500}{11{,}3}.$

   $r = 2{,}193$ Centimeter, also ist der gesuchte Durchmesser gleich 4,386 Centimeter.

5. $V = \frac{6000}{13{,}589} = 441{,}2$ Cubikcentimeter.

6. $P = 100 \,.\, 0{,}793 = 79{,}3$ Kilogramm.

7. $V = \frac{500}{0{,}00198} = 252525$ Cubikcentimeter oder 252,52 Liter.

8. $V = 5592$ Liter.

9. 1,124 Decimeter hoch.

10. Der Durchmesser beträgt 13,15 Centimeter.

11. Der Durchmesser des Röhrchens ist 0,827 Millimeter.

12. 17490 Gulden oder 8745 Thaler.

Erstes Buch.

# Mechanik.

---

## Das Parallelogramm der Kräfte.

13. $R = 12$.
    $\alpha = 17\frac{1}{2}$ Grad.
14. $x = 84^0$.
15. $x = 146^0$.
16. $R = 8{,}5$.
17. Um die Resultirende 8 zu erhalten, muß der Winkel der Seitenkräfte beinahe $74^0$, um die Resultirende 2 zu erhalten, muß er $157^0$ sein.
18. Jede der beiden muß gleich 4,4 sein.

18a, 18b und 18c sind Constructionsaufgaben, deren Berechnung im Supplementband besprochen wird.

## Flaschenzüge.

19. Mit einer Kraft von $1\frac{1}{4}$ Centner.
20. Mit einer Kraft von $31\frac{1}{2}$ Kilogramm.

## Der Hebel.

21. $Q = 8$ Pfund 19,8 Loth.
22. Das statische Moment ist 744,6 wenn das Gewicht in Lothen, der Hebelarm in Zollen ausgedrückt ist.
23. $BC = 28{,}4$ Centimeter.
24. Die Summe der statischen Momente von $P$ und $Q$ ist 2378.

    $R = 339{,}7$ Gramm.
25. Mit einer Kraft von 117 Pfund.

## Der einarmige Hebel.

26. $N = 1213,3$ Gramm.
27. Mit einer Kraft von 225 Pfund.

## Gleichgewicht am Hebel bei schiefwinklig angreifenden Kräften.

28. $P = 2,7$.
29. Das statische Moment jeder der beiden Kräfte ist 12,3.
30. Nahezu unter einem Winkel von 62°.

## Haspel und Räderwerke.

31. 193 Pfund.
32. Jeder Arbeiter muß mit einem Druck von 42 Pfund arbeiten.

## Schiefe Ebene.

33. Nahezu 9 zu 100.
34. 1 zu 20, 1 zu 10, 1 zu 6,6 . . .
35. Die Steigung beträgt 15 Procent. Der Neigungswinkel ist etwas über $8^1/_2$ Grad (8° 38′).
36. Für 3 Procent Steigung 1 Pferd.
 „ 7 „ „ 2 Pferde.
 „ 12 „ „ 5 „
37. 8 Pferde.

## Die Schraube.

38. a. Die Steigung beträgt 8 Procent.
 b. Mit einer Kraft von 24 Pfund.
 c. 2,4 Pfund (NB. ohne Berücksichtigung der Reibung).
39. $K = 2340$ Kilogramm.

## Der Keil.

40. Mit einer Kraft von 50 Pfund.
41. Mit einer Kraft von 400 Pfund.

## Festigkeit.

42. $P = 3 . 1021 = 3063$ Kilogramm.
43. $n = 3,14 . 0,6_2 = 1,13$ Quadratcentimeter.
 $P = 2,13 . 4182 = 4725,6$ Kilogramm.

44. $500 = 3{,}14 . r^2 . 3550$
$r = 0{,}2117$ Centimeter. Der Draht muß also 0,423 Centimeter dick sein.

45. $n = 3{,}14\ (5^2 - 4^2)$ Quadratcentimeter
$P = 118183$ Kilogramm.

46. $4000 = 3{,}14 . 1{,}5^2 . \varkappa$
$\varkappa = 566{,}1$ Kilogramm.

47. Für den Festigkeitsmodulus 1359 ergiebt sich $Q = 32616$ Kilogr.

48. Um diese Aufgabe zu lösen, hat man die Zahlen der Tabelle auf Seite 56 des Grundrisses mit 2.6,76, also mit 13,52 zu multipliciren. Es ergiebt sich dann der Festigkeitsmodulus für

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Lindenholz | | | 12411 | Pfund |
| Kiefernholz | | | 13804 | „ |
| Weißtanne | 8125 | bis | 12550 | „ |
| Eichenholz | 15548 | „ | 19820 | „ |
| Buchenholz | 18213 | „ | 21442 | „ |
| Ebenholz | | | 12627 | „ |
| Kupfer | | | 37612 | „ |
| Messing | | | 47996 | „ |
| Gold | | | 62800 | „ |
| Blei | | | 3677 | „ |
| Zinn | | | 6178 | „ |
| Silber | | | 46035 | „ |
| Eisen | | | 56541 | „ |
| Glas | 1919 | bis | 4992 | „ |
| Hanfseile | 4732 | „ | 8382 | „ |

49. $Q = 46013$ Pfund.

## Die hydraulische Presse.

50. Mit einer Kraft von 61,7 Pfund.
51. $P = 16200$ Pfund.
52. $r = 0{,}311$ Zoll.

## Boden- und Seitendruck der Flüssigkeiten.

53. 42 Kilogramm.
54. 6564 Gramm (1 preuß. Kubikzoll Wasser wiegt 17,89 Gramm).
55. 75,138 Kilogramm.
56. 103,6 Kilogramm.

## Gewichtsverlust untergetauchter Körper.

57. Die Kugel wird in Wasser noch 5,167 Pfund wiegen.
58. Wenn der Würfel aufrecht schwimmt, wird noch 0,45 der Würfelhöhe aus dem Wasser hervorragen.
59. Mit einer Kraft von 231 Gramm.
60. Das Stück enthält 765 Gramm Silber.
61. 654 Gramm.

## Nicholson's Aräometer.

62. $\frac{6,85}{2,57} = 2,66.$

## Scalenaräometer.

63. 1,39 . . 1,17 . . . 1,08.
64. 0,926 . . . 0,854 . . . 0,781.
65. 128 . . . 107 . . . 87,7 . . . 59,5.

## Capillarerscheinungen.

66. 69,9 Millimeter.
67. 30,5 „
68. 0,138 „

## Das Mariotte'sche Gesetz.

69. a. 5381 Kubikfuß
b. 5185 „
70. 249,5 Kubikcentimeter.
71. 132 Kubikcentimeter.
72. 1883 Kubikzoll.

## Messung des Druckes eingeschlossener Gase.

73. Wie 747,2 zu 745.
74. Wie 776 zu 753.
75. 2460 Millimeter oder 3,2 Atmosphären.
76. Nahezu $2^1/_6$, $4^1/_4$, $6^2/_7$ Atmosphären.
77. 11 Centimeter hoch für 2 Atmosphären.
17,3 Centimeter hoch für 4 Atm.
21 „ „ „ 8 „

vorausgesetzt, daß man die Variationen des Quecksilberspiegels im Gefäß vernachlässigt.

78. Etwas über 4 Atmosphären.

## Der Luftballon.

79. Die Steigkraft ist gleich 3 Gramm.
80. 155 Kilogramm.
81. Nein.
82. 230 Kilogramm.

## Das Fallgesetz.

83. $s = 183{,}75$ Fuß.
84. $t = 25{,}8$ Secunden.
85. a. $v = 24{,}49$
b. $v = 34{,}64$
c. $v = 173{,}2$.

## Gleichförmig verzögerte Bewegung.

86. $t = \frac{1}{3}$ Secunde; $h = 1\frac{2}{3}$ Fuß
$t = 1\frac{2}{3}$ „ $h = 41\frac{2}{3}$ „
$t = 6\frac{2}{3}$ „ $h = 666\frac{2}{3}$ „
$t = 33\frac{1}{3}$ „ $h = 16666$ „

## Centralbewegung und Schwungkraft.

87. $p = 0{,}001334$ Meter.
88. $v = 0{,}002668$ „
89. $v = 473{,}26$ Fuß.
90. $v = 420$ „
91. $v = 0{,}0335$ Meter.
92. Die Erde müßte sich in 1 Stunde 24 Minuten und 22 Secunden um ihre Axe drehen.

## Gesetze der Pendelschwingungen.

93. $g = 30{,}18$.
94. 36,73 Pariser Zoll.
95. 5,7 Secunden.
96. 24,78 Meter.
97. 9,2 Zoll.
98. 11,8 Meter.
99. Auf dem Mond 2,72, auf dem Jupiter 0,678 Secunden.

## Lebendige Kraft.

100. 144000 Fußpfund.
101. 2,6 Fußpfund.
102. 187 Pfund.
103. 2,6 Zoll.
104. 350 Meterkilogramm.
105. 68 „
106. 282 „

## Ausflußgeschwindigkeit.

107. a. $v = 1,4$ Meter
b. $v = 3,13$ „
c. $v = 5,6$ „
d. $v = 11,18$ Fuß
e. $v = 20,9$ „
f. $v = 47,4$ „

108. a. $S = 0,0046$ Meter
b. $S = 2,073$ „
c. $S = 2,945$ „
d. $S = 0,144$ Fuß
e. $S = 1,024$ „
f. $S = 4,624$ „

## Ausflußmenge.

109. a. $Q = 29$ Liter in der Minute
b. $Q = 53$ „ „ „ „
c. $Q = 565$ „ „ „ „

## Ausströmen der Gase.

110. $v = 55$ Meter.
111. a. $v = 44,7$ „
b. $v = 209,7$ „

## Zweites Buch.

# Akustik.

### Geschwindigkeit des Schalles.

112. 7875 Fuß. (Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit gleich 1050 Fuß angenommen.)

113. 26250 Fuß.

114. 10210 „

115. 6,06 Secunden.

116. Die Aufgabe führt zu der Gleichung:

$$5{,}5 = \frac{s}{1050} + \sqrt{\frac{s}{15}},$$

daraus ergiebt sich die quadratische Gleichung:

$$s^2 - 85050 . s = - 33350625,$$

woraus

$$s = 394.$$

117. Die 35ste Colonne.

### Wellenlänge und Schwingungszahl der Töne.

118. 8 Centimeter.

119. $z = 4262$, also die Schwingungsdauer $t = \frac{1}{4262}$ Secunde.

120. $l = 36$ Zoll.

121. Für den fraglichen Ton ist die Schwingungszahl

$$z = 350,$$

also die Schwingungsdauer desselben $\frac{1}{350}$ Secunde.

122. Der fragliche Ton ist etwas höher als der Ton $\bar{f}$, dessen Schwingungszahl 341,6 ist.

123. Zur Bestimmung der Schwingungszahl von $\bar{c}$ hat man die Proportion

$$40 : 24 = 427 : x,$$

also die Schwingungszahl von $\bar{c}$ gleich 256.

Ferner ergiebt sich für die Schwingungszahl

von $\bar{e}$ . . . 320
„ $\bar{g}$ . . . 384
„ $\bar{\bar{c}}$ . . . 512

124. 1,223 Fuß oder 14,676 par. Zoll.

125. $z = 64 \quad l = \frac{1}{4}\,\lambda = \frac{n}{4z} = 4{,}1$ Fuß.

126. $\lambda = 0{,}35$ Zoll.

127.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *d* | 144 | *e* | 160 | *f* | 170,6 |
| *g* | 192 | *a* | 213 | *h* | 240 |
| | | $\bar{c}$ | 256 | | |

128.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *cis* | 135,6 | *f* | 170,9 | *a* | 215,3 |
| *d* | 143,6 | *fis* | 181,8 | *b* | 227,1 |
| *es* | 152,2 | *g* | 191,8 | *h* | 241,7 |
| *e* | 161,2 | *gis* | 203,2 | $\bar{c}$ | 256 |

## Töne gespannter Saiten.

129. Die Länge der Saite müßte sein:

für *d* . . . 889 Millimeter.
„ *e* . . . 800 „
„ *f* . . . 750 „
„ *g* . . . 667 „
„ *a* . . . 600 „
„ *h* . . . 533 „
„ $\bar{c}$ . . . 500 „

130. Die Spannung müßte sein:

für *d* . . . 5,06 Kilogramm.
„ *e* . . . 6,25 „
„ *f* . . . 7,11 „
„ *g* . . . 9,00 „
„ *a* . . . 11,11 „
„ *h* . . . 14,06 „
„ $\bar{c}$ . . . 16,00 „

131. Die Dicke der Saite müßte sein:

für $e$ . . . 0,96 Millimeter.
„ $g$ . . . 0,80 „
„ $\bar{c}$ . . . 0,60 „

## Transversalschwingungen elastischer Stäbe.

132. a. Die Dicke des Stahlstabes müßte sein:

für die große Terz . . $e = 7 \cdot {}^5/_4 =$ 8,75 Millimeter,
für die Quint . . . $e = 7 \cdot {}^3/_2 =$ 10,5 „
für die Octav . . . $e = 7 \cdot 2 =$ 14

b. die Länge des Stabes muß sein:

für die große Terz . . $l = 15 \sqrt{{}^4/_5} =$ 13,416 Centimeter,
für die Quint . . . . $l = 15 \sqrt{{}^2/_3} =$ 12,247 „
für die Octav . . . . $l = 15 \sqrt{{}^1/_2} =$ 10,605 „

133. Eine Verkürzung der Stimmgabeläste hat eine Erhöhung des Tones zur Folge.

134. Der Ton wird tiefer.

## Drittes Buch.

# Optik oder die Lehre vom Licht.

---

## Photometrie.

135. Die Leuchtkraft der Lampe ist 15,1mal stärker als die der Kerze.

136. Die Leuchtkraft der Gasflamme ist gleich der von 9 Wachskerzen. Die gleiche Erleuchtung mit Wachskerzen hervorgebracht würde 7,2mal theurer sein.

137. Es ist die Stärke der Erleuchtung
in *A* und *E* . . . . . . . 1,36
in *C* und *G* . . . . . . . 2
in *B, D, H* und *F* . . . 1,7.

138. Die Stärke der Erleuchtung würde sein
in *A* und *E* . . . . . . . 0,75
in *C* und *G*. . . . . . . . 3
in *B, D, H* und *F* . . . . 1,5.

139. a. Die Lichtstärke der Oellampe verhält sich zu der der Petroleumlampe wie 7569 zu 5625.

b. Die Oellampe 50 Gramm, die Petroleumlampe 35 Gramm.

c. Die Petroleumlampe hat für 1,043 Kreuzer, die Oellampe hat für 1,915 Kreuzer verzehrt.

d. 47,1 Gramm.

e. 1,403 Kreuzer. Bei gleicher Lichtstärke verhalten sich also die Kosten einer Petroleumlampe zu denen einer Oellampe wie 1,403 zu 1,915 oder wie 1 zu 1,36 oder sehr nahe wie 3 zu 4.

## Ebene Spiegel.

140. *tang.* $v = {}^1/_{4000} = 0{,}00025$
$v = 52$ Secunden.

141. Zeichnung!

## Hohlspiegel.

142. a. Der Krümmungshalbmesser des Hohlspiegels ist 18 Zoll.
b. Die Brennweite des Hohlspiegels ist 4 Centimeter.

143 bis 149 sind durch Construction zu lösen. Ueber die Lösung dieser Aufgaben durch Rechnung siehe Seite 28.

## Convexspiegel.

150 und 151. Constructionslösungen.

## Das Brechungsgesetz.

152. $n = \frac{\sin 60^0}{\sin 40^0\ 14'} = \frac{0{,}866}{0{,}646} = 1{,}34.$

153. $n = 1{,}53.$

154.

| $r$ | $i$ |
|---|---|
| $10^0$ | $13^0\ 27'$ |
| 20 | 27 16 |
| 30 | 42 4 |
| 40 | 59 30. |

155.

| $i$ | $r$ | $i$ | $r$ |
|---|---|---|---|
| $10^0$ | $7^0\ 27'$ | $60^0$ | $40^0\ 16'$ |
| 20 | 14 47 | 70 | 44 31 |
| 30 | 21 54 | 80 | 47 18 |
| 40 | 28 40 | 90 | 48 15 |
| 50 | 34 52 | | |

156. $r = 25^0\ 56'.$

157. Die zusammengehörigen Werthe von $i$ und $r$ sind:

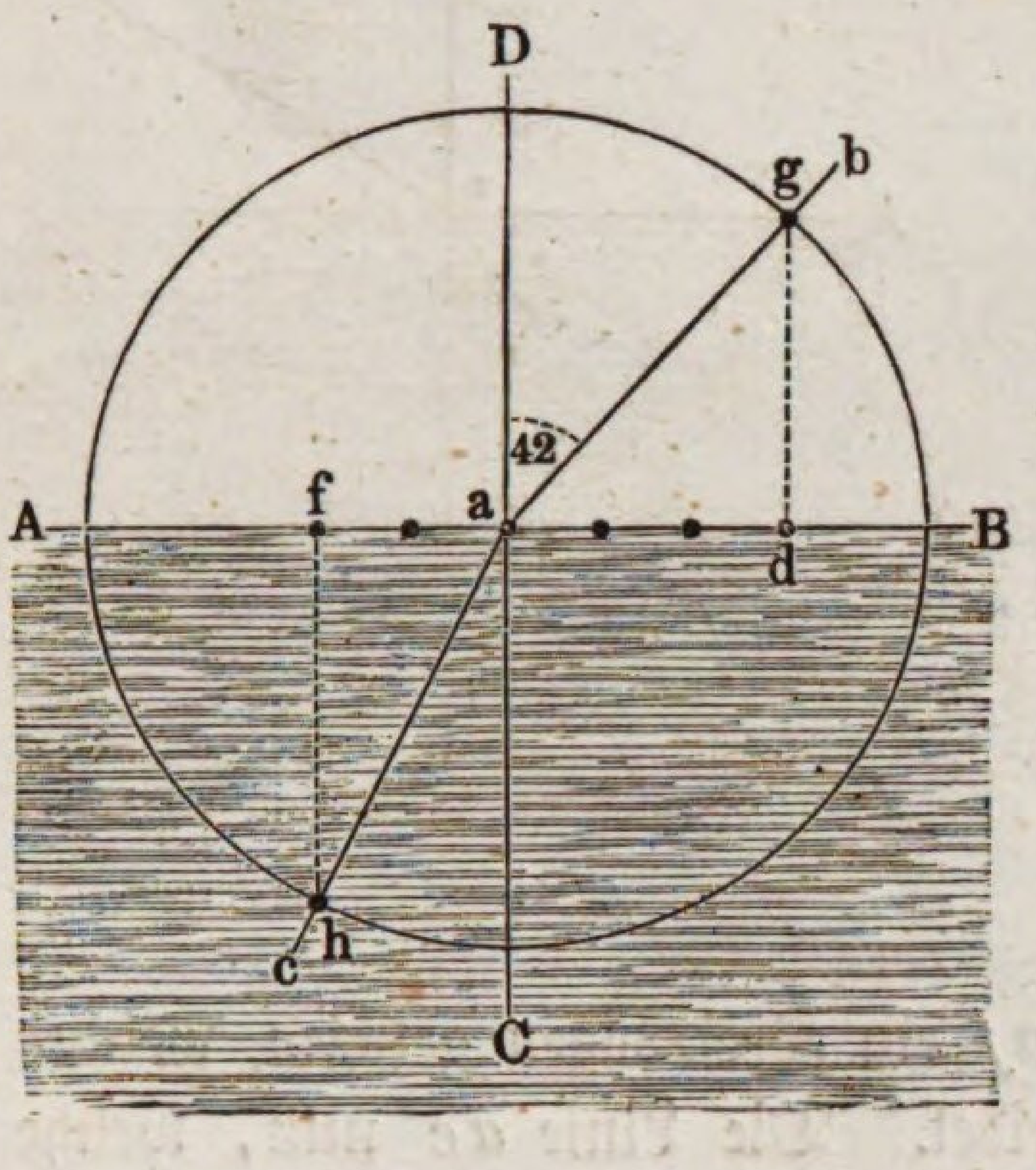
| $i$ | $r$ | $i$ | $r$ |
|---|---|---|---|
| 5 | $3^0\ 15'$ | 55 | $32^0\ 21'$ |
| 15 | 9 44 | 65 | 36 19 |
| 25 | 16 1 | 75 | 39 8 |
| 35 | 22 1 | 85 | 40 37. |
| 45 | 27 31 | | |

Die Aufgaben 154 bis 157 lassen sich auch durch Construction lösen, wie dies für einige der obigen Beispiele entwickelt werden soll.

Ein Strahl, welcher aus Luft in Glas übergeht, macht vor seinem Eintritt einen Winkel von 42° mit dem Einfallsloth; es soll die Richtung des gebrochenen Strahls durch Construction ermittelt werden.

Es sei *AB*, Fig. 1, die Grenzfläche zwischen Luft und Glas. In dem Punkt *a*, in welchem der einfallende Strahl die Glasfläche trifft, errichtet man zunächst das Perpendikel *CD*, das Einfallsloth, und zieht dann die Linie *ab* so, daß sie einen Winkel von 42° mit dem Einfallsloth macht, so repräsentirt *ab* den einfallenden Strahl.

Fig. 1.

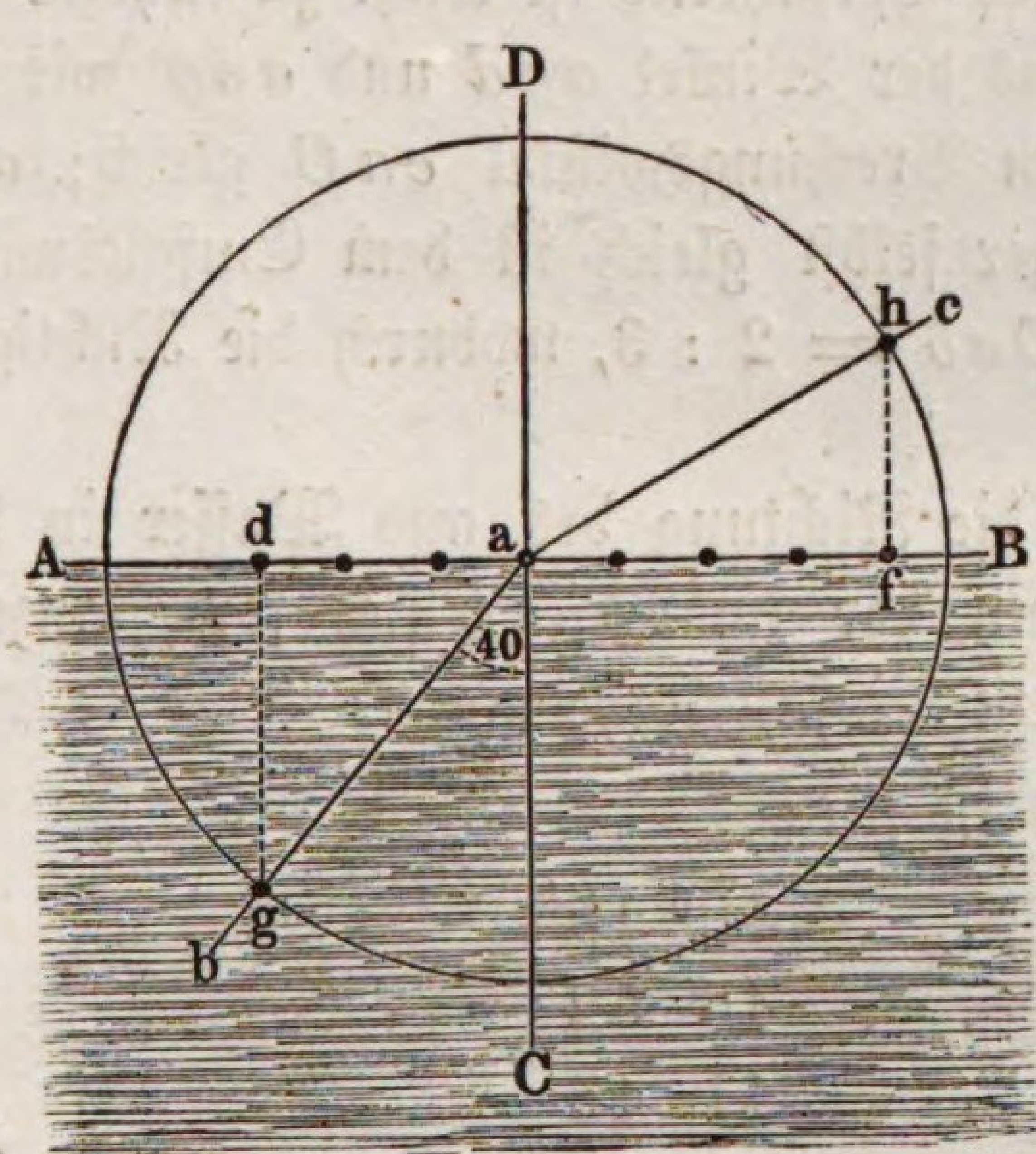



Man trage nun von *a* aus nach der Seite des einfallenden Strahls nach einem beliebigen Maaßstab auf *AB* die Länge $ad = 3$, nach der anderen Seite aber $af = 2$ auf (angenommen, daß beim Uebergang aus Luft in Glas der Brechungsexponent $^3/_2$ ist), und errichte in *d* ein Perpendikel, welches den einfallenden Strahl in *g* schneidet.

Es wird nun ferner mit dem Radius *ag* ein Kreis beschrieben und durch den Punkt *h*, in welchem derselbe das in *f* errichtete Perpendikel trifft, eine Linie nach *a* gezogen, so ist diese Linie *ca* die Richtung des gebrochenen Strahls.

Die Richtigkeit dieser Construction ist nach §. 127 des Grundrisses leicht zu beweisen.

Fig. 2.




Nach derselben Methode ist in Fig. 2 die Richtung eines Strahls *ac* in Luft construirt, wenn der Winkel, welchen der zugehörige gebrochene Strahl im Wasser mit dem Einfallslothe macht, gleich 40° ist.

Fig. 3 und 4 (a. f. S.) erläutern eine andere Methode für die Construction des gebrochenen Strahls.

Fig. 3 bezieht sich auf die Brechung beim Uebergang aus Luft in Glas (Brechungsexponent $^3/_2$), und zwar ist der Werth des Einfallswinkels = 65°.

Nachdem das Einfallsloth *CD* und die Richtung des einfallenden Strahls *ab* gezogen sind, werden auf dem letzteren nach beliebigem Maaßstab zwei Stücke *ad* und *af* aufgetragen, welche sich verhalten wie der Sinus des Brechungs-

winkels zum Sinus des Einfallswinkels, in unserm Fall also wie 2 zu 3. Durch *d* wird nun eine Linie parallel mit dem Einfallsloth, also rechtwinkelig

Fig. 3.

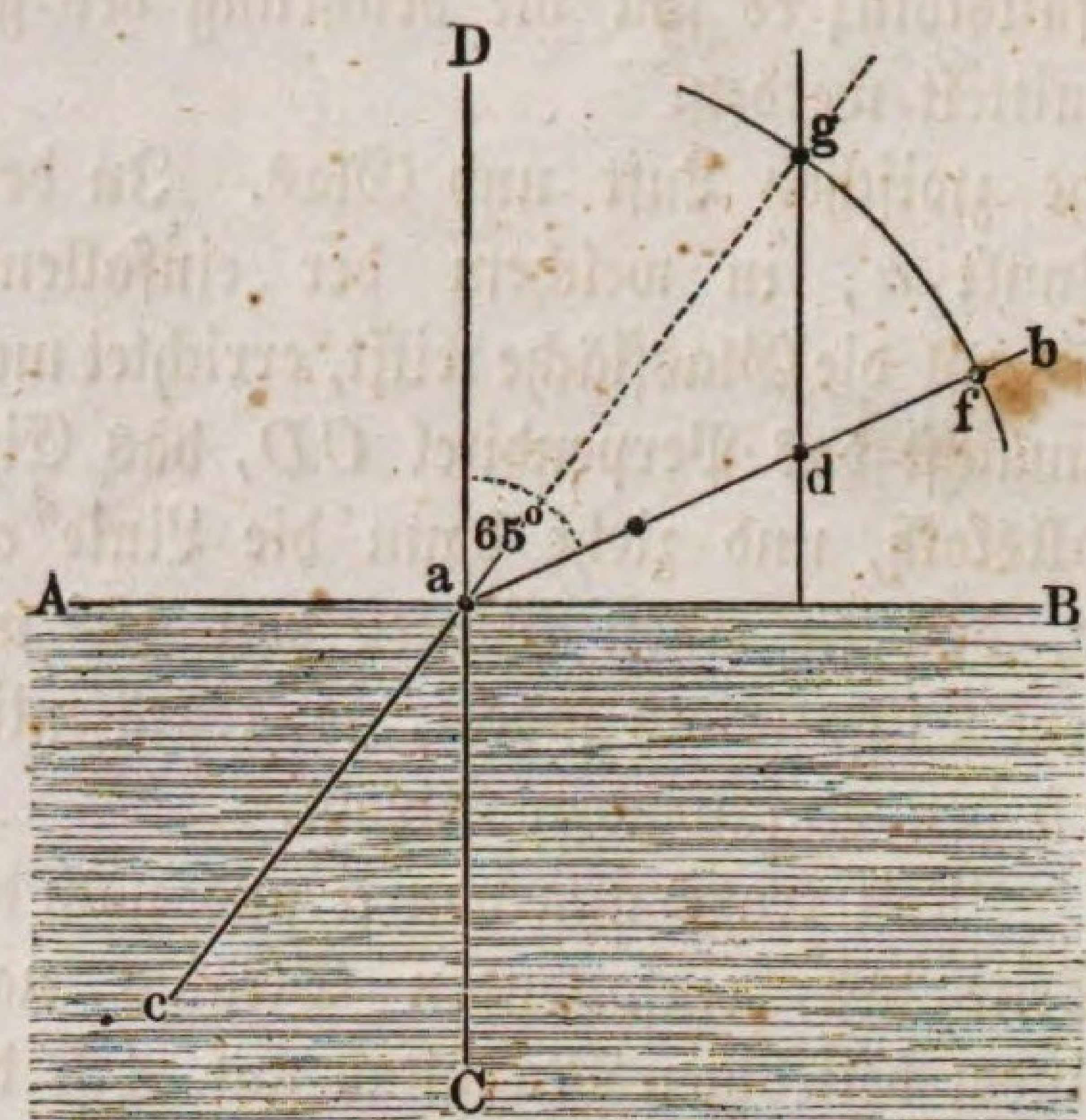
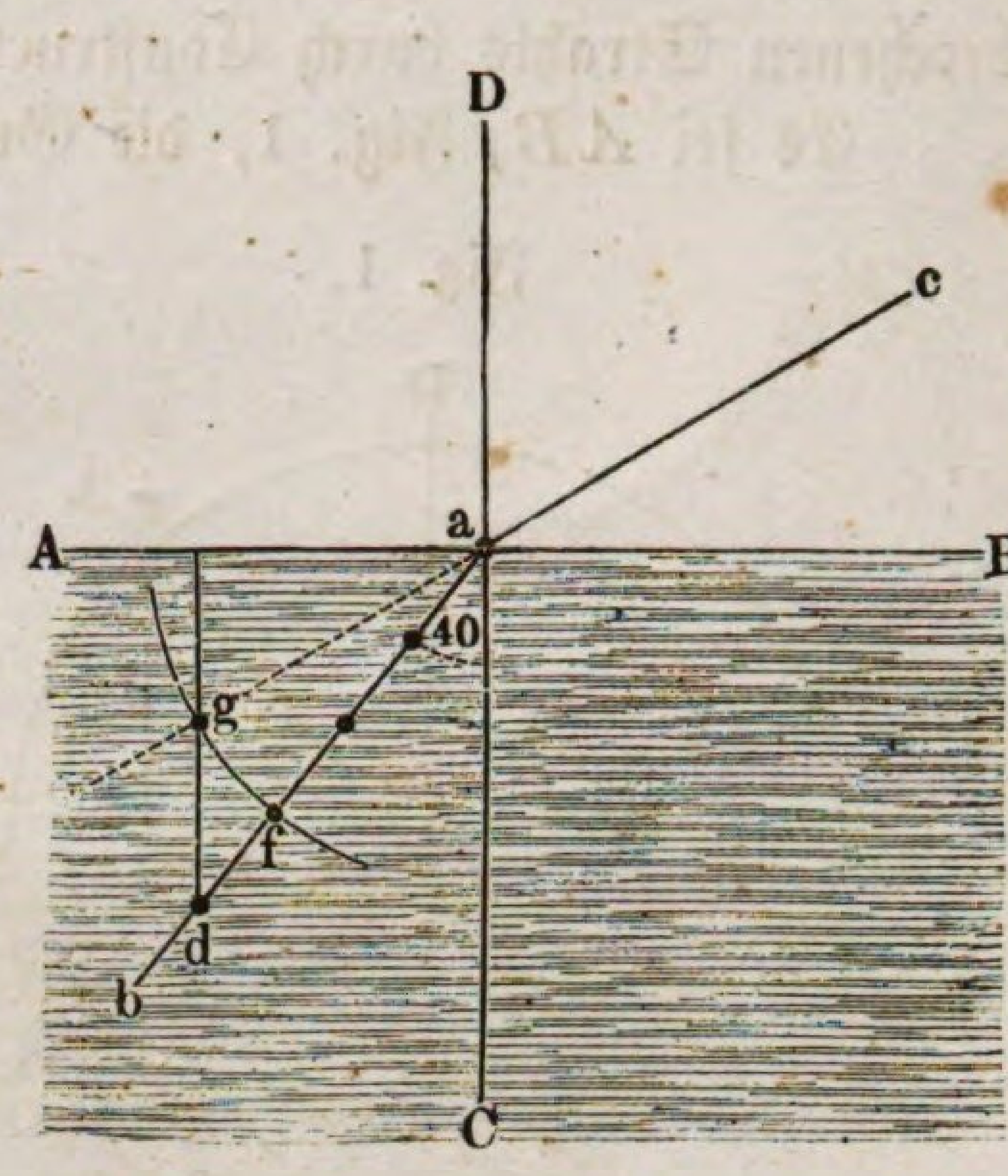



Fig. 4.




zu *AB* und um *a* mit dem Halbmesser *af* ein Kreisbogen gezogen, welcher das durch *d* gezogene Perpendikel in *g* schneidet. Die Linie *ac* nun, welche die Verlängerung von *ga* ist, ist die Richtung des gebrochenen Strahls.

Der Beweis für die Richtigkeit dieses Verfahrens ist leicht zu führen. In dem Dreieck *adg* verhalten sich die Sinus der Winkel *agd* und *adg* wie *ad* zu *ag*, also wie 2 : 3; *agd* ist aber dem Brechungswinkel *caC* gleich; *adg* aber ist der Nebenwinkel von *gdb*, welcher selbst gleich ist dem Einfallswinkel *Dab*. Wir haben also $\sin caC : \sin Dab = 2 : 3$, wodurch die Richtigkeit der Construction bewiesen ist.

Nach dieser Methode ist in Fig. 4 die Richtung des aus Wasser in Luft austretenden Strahles *ac* construirt, wenn der im Wasser sich fortpflanzende Strahl *ba* einen Winkel von 45° mit dem Einfallslothe macht.

158. Der Werth des Grenzwinkels ist für:

| | | |
|---|---|---|
| Wasser . . . . . . . | 48° | 15′ |
| Alkohol . . . . . . . | 46 | 52 |
| Benzol . . . . . . . | 41 | 48 |
| Crownglas . . . . . . | 40 | 49 |
| Flintglas . . . . . | 37 | 36 |
| Schwefelkohlenstoff . . . | 36 | 31 |
| Diamant . . . . . . | 23 | 53. |

159. Der Brechungsexponent für den Uebergang aus Wasser in Benzol ist 1,1194.

160. Für den Uebergang aus Wasser in Schwefelkohlenstoff ist der Brechungsexponent 1,2537.

161. Für den Uebergang eines Lichtstrahls aus Benzol in Wasser ist der Grenzwinkel $64^0\,23'$.

162. Der fragliche Grenzwinkel ist $52^0\,54'$.

## Ablenkung der Lichtstrahlen durch Prismen.

163. Wenn der Winkel $lno$, Fig. 5, den wir mit $i$ bezeichnen wollen, gleich $52^0$ ist, so ergiebt sich:

$$x = 31^0$$
$$y = 60 - 31 = 29^0$$
$$l'n'o' = i' = 47^0\,54',$$

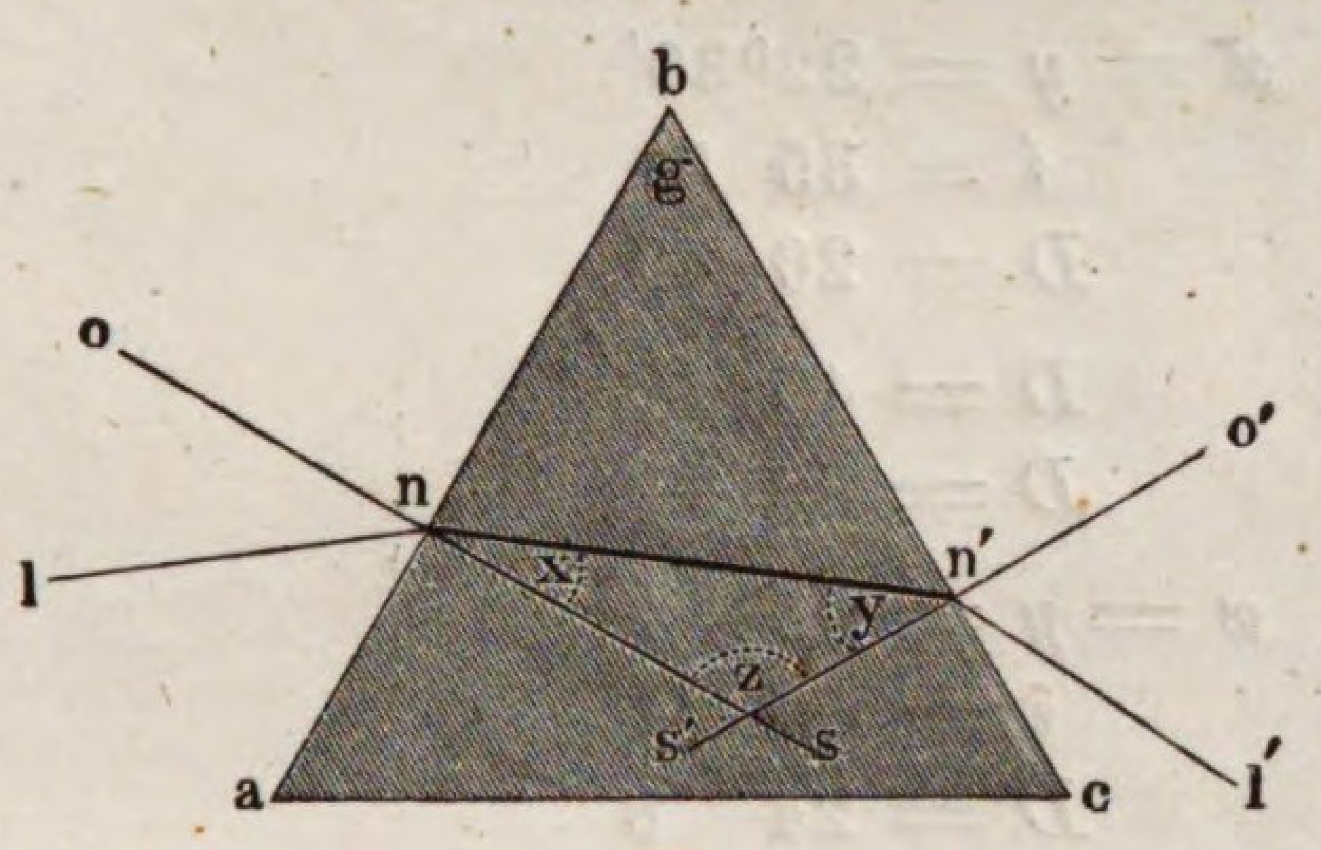
also die Ablenkung an der Vorderfläche des Prismas $52 - 31 = 21^0$; die Ablenkung an der Austrittsfläche aber ist:

$$47^0\,54' - 29^0 = 18^0\,54'$$

und die Totalablenkung

$$D = 39^0\,54'.$$

Fig. 5.




164. a. $i = 48^0 35'$ b. $i = 42^0$

| a. | | b. | |
|---|---|---|---|
| $i =$ | $48^0 35'$ | $i =$ | $42^0$ |
| $x =$ | 29 21 | $x =$ | 25 56' |
| $y =$ | 30 39 | $y =$ | 34 4 |
| $i' =$ | 51 16 | $i' =$ | 59 |
| $D =$ | 39 51 | $D =$ | 41. |

165.

$$i = 52$$
$$x = 28^0\,54{,}5'$$
$$y = 31^0\ \ 5{,}5'$$
$$i' = 57^0\,18{,}5'$$
$$D = 49^0\,18{,}5'.$$

166.

| a. | | b. | |
|---|---|---|---|
| $i =$ | $39^0$ | $i =$ | $31^0$ |
| $x =$ | 24 17 | $x =$ | 19 40 |
| $y =$ | 20 43 | $y =$ | 25 20 |
| $i' =$ | 32 46 | $i' =$ | 40 54 |
| $D =$ | 26 46 | $D =$ | 26 54 |

c. $i = 28^0$
$x = 17\ 52'$
$y = 27\ \ 8$
$i' = 44\ 15$
$D = 27\ 15$

167.

| $i$ | $D$ |
|---|---|
| 0 | $3^0\ 12'$ |
| 10 | 3 12,7 |
| 20 | 3 41,5. |

168. $x + y = g.$

169. a) $x = y = \frac{g}{2}$,

b) $x = y = 30^0$,

c) $x = y = 22{,}5^0$

170. a. $x = y = \frac{60}{2} = 30^0$

$i = 49^0\ 54.$
$D = 2\ (49^0\ 54' - 30^0) = 39^0\ 48$

b. $x = y = 22^0\ 30'$
$i = 35\ \ 50$
$D = 26\ \ 40.$

$c\alpha$. $D = 49\ \ 10$
$c\beta$. $D = 32\ \ 12.$

$d\alpha$. $x = y = 30^0$
$i = 42\ \ \ 4'$
$D = 24\ \ \ 8$

$d\beta$. $x = y = 22\ \ 30$
$i = 30\ \ 51$
$D = 16\ \ 42$

## Berechnung der Brechungsexponenten.

171. $\frac{D + y}{2} = \frac{60 + 48^0\ 30'}{2} = 54^0\ 15'$,

$\frac{g}{2} = 30^0$

$n = \frac{\sin 54^0\ 15'}{\sin 30^0} = 1{,}623.$

172. $n = 1{,}517.$

## Sammellinsen.

173. Die Brennweite der Linse beträgt 2 Centimeter.
174 bis 179. Constructionsaufgaben.

## Fernrohre.

180. Das Fernrohr vergrößert 2,28 mal.
181. Die Zerstreuungsweite des Oculars muß $1^1/_3$ Centimeter sein.
182. Die Brennweite des Objectivs müßte 21 Centimeter betragen.
183. Das Fernrohr vergrößert 52 mal.
184. Die Brennweite des Oculars müßte 3,84 Linien betragen.

---

## Viertes Buch.

# Die elektrischen Erscheinungen.

---

### Die Tangentenbussole.

185. Dem Ablenkungswinkel entspricht die Stromstärke

| | |
|---|---|
| 10° | 0,176 |
| 20 | 0,364 |
| 30 | 0,578 |
| 40 | 0,839 |
| 50 | 1,192 |
| 60 | 1,732 |
| 70 | 2,741 |
| 80 | 5,671 |
| 85 | 11,430. |

186. Der Stromstärke entspricht die Ablenkung

| | |
|---|---|
| 0,5 | 26° 34′ |
| 2 | 63 27 |
| 5 | 78 42 |
| 10 | 84 18 |
| 20 | 87 9. |

### Das Ohm'sche Gesetz.

187. $S = 45$.

188. $S = 46{,}6$.

189. Für 10 Becher $S = 66{,}6$.
Für 50 Becher $S = 69{,}3$.

190. a. $S = 2$,
b. $S = 16$,
c. $S = 42$.

191. a. $S = 17{,}9$. b. $S = 18{,}0$.
c$\alpha$. $S = 22{,}8$. c$\beta$. $S = 23{,}3$.
d$\alpha$. $S = 1{,}11$. d$\beta$. $S = 7{,}8$. d$\gamma$. $S = 16{,}7$.

## Leitungswiderstand der Metalle.

192. $W = 32{,}66$.
193. $W = 3200$.
194. $d = 6{,}05$ Millimeter.
195. $l = 158{,}8$ Meter.
196. Die Beobachtung (a) führt zur Gleichung

$$92{,}89 = \frac{E}{L} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Die Beobachtung (b) führt zur Gleichung

$$14{,}24 = \frac{E}{L + 50} \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

Durch Combination von (1) und (2) ergiebt sich

$$L = 9.$$

Nach der Beobachtung (c) ist

$$25{,}48 = \frac{E}{L + s} = \frac{E}{9 + s} \quad \ldots \quad (3)$$

Gleichung (1) dividirt durch Gleichung (3) giebt

$$\frac{92{,}89}{25{,}48} = \frac{9 + s}{9}$$

daraus $s = 23{,}8$.

197. $L' = 35$,
$s = 26{,}8$.

Das Mittel der beiden in (196) und (197) erhaltenen Werthe von $s$ ist 25,3.

198. $l = 8{,}3$ $r = 4{,}45$.

## Aichung der Tangentenbussole.

199 und 200. Siehe S. 256 und 257 des Supplementbandes.

## Fünftes Buch.

# Von der Wärme.

### Das Thermometer.

201. $23^0$ C. = $18,4^0$ R.
202. $78^0$ C. = $172,4^0$ F.
203. $61^0$ R. = $67,25^0$ C.
204. $93^0$ F. = $33,8^0$ C.
205. a. $x^0$ F. = $^4/_9 (x - 32^0)$ R.
    b. $y^0$ R. = $(y\,^9/_4 + 32^0)$ F.
206. $105^0$ F. = $32,4^0$ R.
207. $-12^0$ R. = $5^0$ F.
208. Für $-40^0$.
209. Für $-25,6^0$.

### Lineare Ausdehnung fester Körper.

210. 200,0976 Fuß.
211. 199,95 Fuß.
212. 1182 Millimeter.
213. $a = 0,00001733$.
214. $a = \frac{Lt - Lo}{t.Lo}$.
215. 1,80203 Meter.
216. 15,0102 Fuß.
217. $L = Lt\,\{1 + a(T - t)\}$.
218. $R = 1,106\;T$.
219. $R = 0,34\;T$.

## Cubische Ausdehnung.

220. Tabelle der cubischen Ausdehnung für eine Temperaturerhöhung von 0 bis 100 Grad.

| | |
|---|---|
| Platin . . . . . . | 0,00258 |
| Glas . . . . . . | 0,00261 |
| Stahl . . . . . . | 0,00378 |
| Eisen . . . . . . | 0,00366 |
| Kupfer . . . . . . | 0,00513 |
| Messing . . . . . | 0,00564 |
| Blei . . . . . . . | 0,00855 |
| Zink . . . . . . . | 0,00882. |

221. Bei 32° C. ist der Inhalt des Hohlwürfels 1,002882 Cubikfuß.

222. Bei 100° C. ist der Inhalt des Glasgefäßes 1002,61 Cubikdecimeter.

223. Bei 100° C. ist das specifische Gewicht des Bleies 11,25.

224. Der Längenausdehnungscoefficient des Kaliglases ist 0,000007, der des Natronglases ist 0,0000086.

225. Der Coëfficient der Längenausdehnung für Quarz ist 0,000014.

## Scheinbare Ausdehnung der Flüssigkeiten.

226. Für eine Temperaturerhöhung von 100° C. dehnt sich das Quecksilber (scheinbar) aus im Verhältniß von 260 zu 264 oder von 1 zu 1,01538. Der Coëfficient der scheinbaren Ausdehnung ist also 0,0001538 (auf 1° bezogen), der Coëfficient der wahren Ausdehnung ist also:

$$0{,}0001538 + 0{,}000026 = 0{,}0001798.$$

227. Der Coëfficient für die scheinbare Ausdehnung des Benzols ist:

0,001161,

der der wahren Ausdehnung ist: 0,001187.

228. 1,092 Liter.

229. 1,042 Liter.

230. Bei 20° C. ist das specifische Gewicht des absoluten Alkohols 0,7774.

231. Bei 0° C. würde die Barometerhöhe 748,7 Millimeter sein.

## Ausdehnung der Gase.

232. 49,86 Kubikfuß.

233. 67,24 Kubikcentimeter.

234. $s = 0{,}000965$.

## Schmelzungswärme.

235. 79,2.
236. 78,4.
237. 16,95 Grad.
238. 632,9 Gramm Eis werden geschmolzen werden.

## Spannkraft der Dämpfe.

239. Die Temperatur, welche der Spannkraft von $^1/_4$ Atmosphäre entspricht, ergiebt sich in folgender Weise.

$$\log 0{,}25 = \log\{1 + 0{,}0062108\,(t - 100)\}\ 5{,}58188$$
$$\bar{1}{,}3979400 = \log\{1 + 0{,}0062108\,(t - 100)\}\ 5{,}58188$$
$$-\,0{,}60206 = \log\{1 + 0{,}0062108\,(t - 100)\}\ 5{,}58188$$
$$-\,0{,}107859 = \log\{1 + 0{,}0062108\,(t - 100)\}$$
$$\bar{1}{,}892141 = \log\{1 + 0{,}0062108\,(t - 100)\}$$
$$0{,}7810 = 1 + 0{,}0062108\,(t - 100)$$
$$t = 100 - 35{,}4 = 64{,}6.$$

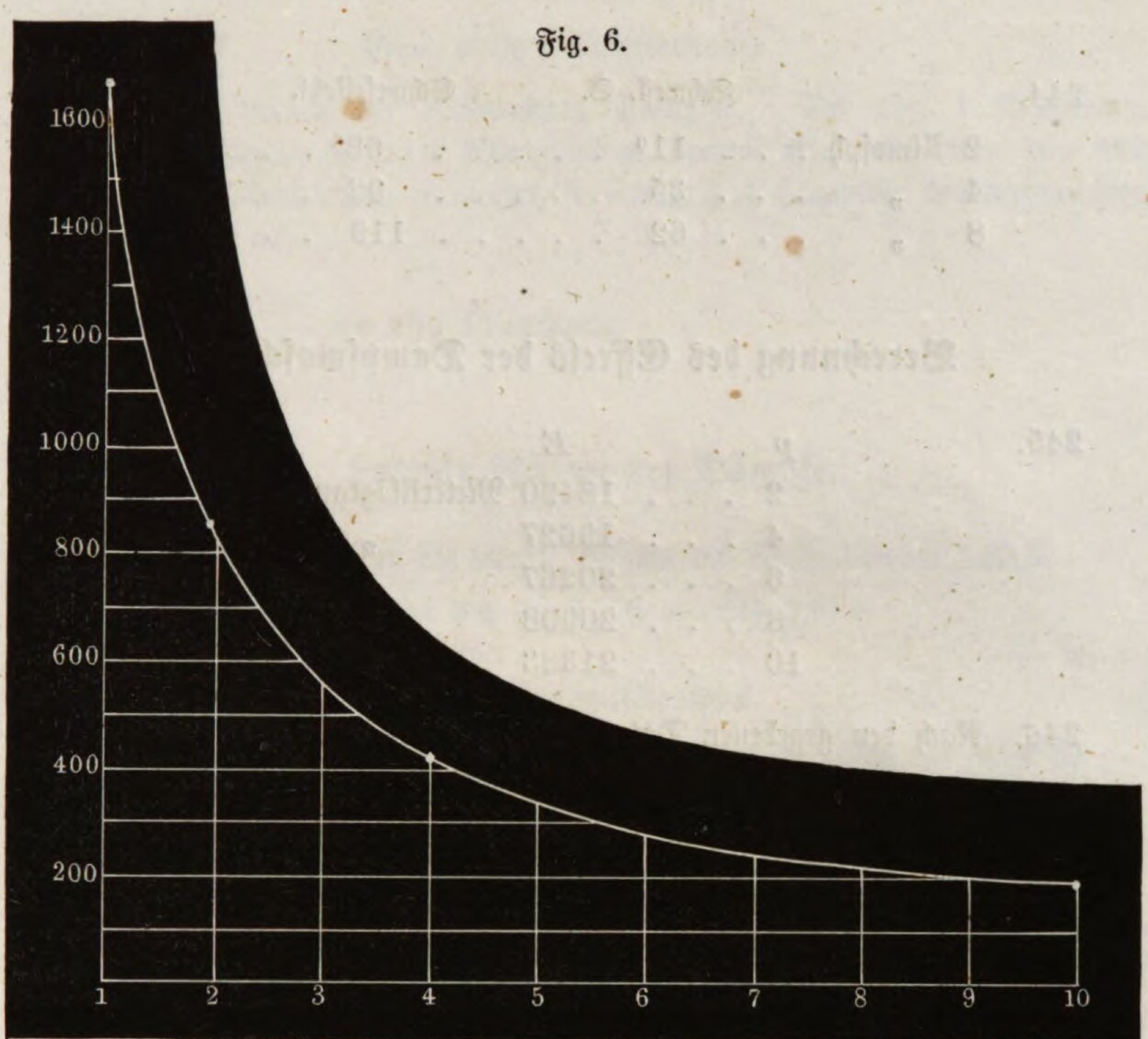
| Spannkraft. | Temperatur. |
|---|---|
| $^1/_4$ Atmosph. . . . | $64{,}6^0$ |
| $^1/_2$ „ . . . . | 84,9 |
| $^3/_4$ „ . . . . | 91,9 |
| 1 „ . . . . | 100,0 |
| 3 „ . . . . | 135,0 |
| 5 „ . . . . | 153,6 |

240.

| Temperatur. | Spannkraft. |
|---|---|
| $25^0$ . . . | 0,03 Atmosph. |
| 55 . . . | 0,16 „ |
| 95 . . . | 0,84 „ |
| 120 . . . | 1,92 „ |
| 150 . . . | 4,52 „ |
| 180 . . . | 9,47 „ |

241. Die Lösung ist durch Fig. 6 in der Weise gegeben, daß der Maaßstab der Ordinaten halb so groß genommen ist als in der Aufgabe verlangt wurde.

Fig. 6.




242. Aus Fig. 6 ergeben sich folgende zusammengehörige Werthe von $p$ und $V$.

| $p$ | | $V$ | |
|---|---|---|---|
| 1 | Atmosph. . . . . . | 1700 | Liter |
| 2 | „ . . . . . . . . | 897 | „ |
| 3 | „ . . . . . . . . | 616 | „ |
| 4 | „ . . . . . . . . | 475 | „ |
| 5 | „ . . . . . . . . | 384 | „ |
| 6 | „ . . . . . . . . | 326 | „ |
| 7 | „ . . . . . . . . | 280 | „ |
| 8 | „ . . . . . . . . | 242 | „ |
| 9 | „ . . . . . . . . | 220 | „ |
| 10 | „ . . . . . . . . | 207 | „ |

243.

| Spannkraft. | | Temperatur. |
|---|---|---|
| 2 | Atmosph. . . . . | 100,7° |
| 4 | „ . . . . . . | 124,7 |
| 8 | „ . . . . . . | 151,7 |

244.

| | Schwefl. S. | Schwefelkohl. | Terpentinöl. |
|---|---|---|---|
| 2 Atmosph. . . . | $11^0$ . . . . . | $68^0$ . . . . . | $178^0$ |
| 4 „ . . . | 35 . . . . . | 92 . . . . . | 202 |
| 8 „ . . . | 62 . . . . . | 119 . . . . . | 229 |

## Berechnung des Effects der Dampfmaschinen.

245.

| $p$ | $E$ |
|---|---|
| 2 . . . | 18490 Meterkilogramm. |
| 4 . . . | 19627 „ |
| 6 . . . | 20267 „ |
| 8 . . . | 20908 „ |
| 10 . . . | 21383 „ |

246. Nach den gegebenen Daten haben wir für diesen Fall:

$$p = 4,$$

für die Anzahl der in 1 Minute gemachten Kolbenschläge:

$$n' = 40,$$

den Querschnitt des Kolbens:

$$Q = 1{,}5^2 . 3{,}14 = 7$$

und endlich

$$L = 9.$$

Demnach ist nach Gleichung (1):

$$E = 10{,}33 . 4 . 40 . 7 . 9 = 1041226 \text{ Kilogrammometer.}$$

Nehmen wir die Hälfte dieses Werthes, also

52063 Kilogrammometer

als nutzbare Arbeit der Maschine, so ist dieselbe äquivalent:

$$\frac{52063}{4500} = 11{,}5 \text{ Pferdekräften,}$$

da die Arbeit einer Pferdekraft in der Minute 75.60 = 4500 ist.

247. Die Kraftleistung von 10 Pferdekräften ist gleich 750 Kilogrammmometer pro Secunde, also 750.3600 = 2700000 Kilogrammmometern in 1 Stunde. Setzen wir die nutzbare Kraft der Dampfmaschine gleich der Hälfte des absoluten Effects, so haben wir also für den gegebenen Fall:

$$2700000 = \frac{10{,}33 . 6 . V}{2},$$

also

$$V = 87097 \text{ Cubikdecimeter}$$

als Volum des verbrauchten Dampfes. Da aber 1 Kilogramm Wasserdampf von 6 Atmosphären Spannkraft einen Raum von 327 Cubikdecimetern einnimmt, so beträgt das Quantum des verbrauchten Wassers:

$$\frac{87097}{327} = 266 \text{ Kilogramm.}$$

## Latente Wärme der Dämpfe.

248. Man findet für die latente Wärme des Wasserdampfs 543,5.

249. $60\,(22 - 8) = 3\,x + 3\,(80 - 22).0{,}5,$

$$x = 251$$

als latente Wärme des Weingeistdampfes.

250. Als latente Wärme des Aetherdampfes findet man die Zahl 97.

251. a. $t = 31^0$.

b. Die Bedingungen der Aufgabe führen zu der Gleichung:

$$25.214 + (80 - t).25.0{,}5 = (t - 10)\,420,$$

wenn man mit $t$ die gesuchte Temperatur bezeichnet, für welche man findet:

$$t = 24^0\,C.,$$

wenn man für die latente Wärme des Alkoholdampfes den genaueren Werth 214 in Rechnung bringt,

c. $t = 19^0\,C.$,

wenn man für die latente Wärme des Aetherdampfes den genaueren Werth 90 in Rechnung bringt.

## Specifische Wärme.

252. 1177 Wärmeeinheiten.

253. 955836 Wärmeeinheiten.

254. Es sind 48614 Wärmeeinheiten nöthig, um die Temperatur von 1523 Gramm Weingeist von $15^0$ C. auf $63^0$ C. zu erhöhen.

255. Für die specifische Wärme des Eisens ergiebt sich aus diesem Versuch 0,115.

256. Specifische Wärme des Quecksilbers: 0,0318.

257. Für die specifische Wärme des Benzols ergiebt sich der Werth 0,348.

258. Die Temperatur des Gemenges ist 18,3° C.

259. Die Temperatur des Kühlwassers steigt auf 16° C.

260. Die Temperatur der Platinkugel war 1097° C.

261. In der Aufgabe ist als Quantum des geschmolzenen Eisens irrthümlich angegeben 293 Gramm statt 29,3 Gramm. Bringt man letztere Zahl in Rechnung, so ergiebt sich die specifische Wärme des Eisens gleich 0,115.

Zu Seite 14.

143. 5 Centimeter.
144. $4{,}6^{cm}$ und $6^{cm}$.  } Sammelbilder.
145. $12^{cm}$.

146. — $12^{cm}$. Virtuelles Bild.

147. Das Bild des Pfeils ist $1{,}6^{cm}$ hoch.

148. Das Pfeilbild ist $6{,}8^{mm}$ hoch.

149. Das virtuelle Bild liegt $4^{cm}$ weit hinter dem Spiegel und ist $2^{cm}$ hoch.

149a.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $g = \infty$ | $\ldots b = 10^{cm}$ | $g = 15^{cm}$ | $\ldots b = 30^{cm}$ |
| $g = 1000^{cm}$ | $\ldots b = 10{,}1$ „ | $g = 11{,}1$ „ | $\ldots b = 100$ „ |
| $g = 100$ „ | $\ldots b = 11{,}1$ „ | $g = 8$ „ | $\ldots b = -40$ „ |
| $g = 50$ „ | $\ldots b = 12{,}5$ „ | $g = 6$ „ | $\ldots b = -15$ „ |
| $g = 30$ „ | $\ldots b = 15{,}0$ „ | $g = 5$ „ | $\ldots b = -10$ „ |
| $g = 20$ „ | $\ldots b = 20{,}0$ „ | $g = 3$ „ | $\ldots b = -4{,}3$ „ |

174. $b = 2{,}25$.

175. $b = 2{,}4 \ldots b = 2{,}666 \ldots b = 3{,}0 \ldots b = 3{,}333$.

176. Für $g = 1{,}5^{cm}$ (nicht 2, wie auf S. 624 steht) ist $b = -6^{cm}$, das Bild ist also ein virtuelles.

176a.

| g | b | g | b |
|---|---|---|---|
| $500^{cm}$ | $10{,}2^{cm}$ | $15^{cm}$ | $30^{mm}$ |
| 100 „ | 11,1 „ | 12 „ | 60 |
| 30 „ | 15,0 „ | 9 „ | — 90 |
| 20 „ | 20,0 „ | 6 „ | — 15 |

176b. Für eine Linse von $10^{cm}$ Brennweite muß der Gegenstand aus unendlicher Entfernung auf $110^{cm}$ der Linse genähert werden, wenn der Schirm, auf welchem das scharfe Bild aufgefangen wird, von 10 bis auf 11 Centimeter entfernt wird. — Für eine Linse von $8^{cm}$ Brennweite muß man den Gegenstand von 40 bis $29{,}5^{cm}$ nähern, wenn das scharfe Bild gleichfalls auf einem zwischen 10 und $11^{cm}$ von der Linse entfernten Schirm aufgefangen werden soll. — Es macht dies klar, warum die Accomodationsfähigkeit eines kurzsichtigen Auges auf weit engere Gränzen beschränkt ist, als die eines fernsichtigen.

# Auflösungen

zu den

# Aufgaben

des

# mathematischen Supplementbandes.

# Einleitung.

## Chemische Aequivalente.

1. Da 22 das Aequivalent der Kohlensäure, 28 aber das Aequivalent des Kalkes ist, so sind mit

500 Gramm Kohlensäure . . $500 \cdot \frac{28}{22} = 636$ Gramm Kalk verbunden, man braucht also $500 + 636 = 1136$ Gramm Marmor.

2. 86,62 Pfund.
3. 16300 Gramm.
4. 0,6065 Pfund oder 19,408 Loth.
5. 226,6 Gramm Zink,
   613,2 „ Sauerstoff,
   111,5 „ Schwefel,
   48,8 „ Wasserstoff.
6. a. Das Aequivalent der Kohlensäure ist 22, das des krystallisirten kohlensauren Natrons ist 143, in 1000 Gramm dieses Salzes sind also $\frac{22}{143} \cdot 1000$ Gramm Kohlensäure enthalten. Das Aequivalent der Kohlensäure verhält sich aber zu dem der verwendeten Schwefelsäure ($SO_3 + 2HO$) wie 22 : 58, es sind also zur Austreibung der Kohlensäure $\frac{58}{143} \cdot 1000 = 405{,}6$ Gramm der fraglichen Schwefelsäure nöthig.

   b. Das Aequivalent der aufgegossenen Schwefelsäure verhält sich zu dem des Glaubersalzes ($SO_3, NaO + 10HO$, nicht $SO_3, NaO + HO$, wie in den Aufgaben steht) wie 58 zu 161, folglich erhält man $405{,}6 \frac{161}{58} = 1125{,}9$ Gramm Glaubersalz.

7. 21,2 Gramm Kohlensäure.
   29,9 „ Natron.
8. 23,3 „ Silber.
9. 253 Gramm der fraglichen Kochsalzlösung enthalten 12,65 Gramm Chlornatrium, dessen Aequivalent 35,5 + 23 = 58,5 ist. Einem Quantum von 12,65 Gramm Kochsalz entspricht aber eine Quantität von $12,65 \frac{108}{58,5} = 23,18$ Gramm Silber, da 108 das chemische Aequivalent des Silbers ist.
10. 33 Pfund Schwefel.
11. 431 Gramm Quecksilber und 69 Gramm Schwefel.

---

## Erstes Buch.

# Mechanik.

---

### Das Parallelogramm der Kräfte.

12. $R^2 = 8^2 + 5^2 + 2.5.8 \cos 45^0$
$R = 12{,}06$
$\sin\alpha = \frac{5}{12} \sin 45^0$
$\alpha = 17^0\ 27'\ 26''.$

13. $9^2 = 5^2 + 7^2 + 2.5.7.\cos x$
$\cos x = \frac{81 - 74}{70} = 0{,}1$
$x = 84^0\ 15'\ 30''.$

14. $4^2 = 5^2 + 7^2 + 2.5.7.\cos x$
$\cos x = \frac{16 - 74}{70} = -\frac{58}{70} = -0{,}8285$
$x = 145^0\ 57'\ 59''.$

15. $R = 8{,}52.$

16. Um die Resultirende 8 zu erhalten, muß der Winkel der Seitenkräfte $73^0\ 44'$, um die Resultirende 2 zu erhalten, muß er $156^0\ 56'$ sein.

17. Jede der beiden muß gleich 4,418 sein.

### Das Knie.

18. a. $P = 143{,}4$ Pfund
b. $P = 286{,}4$ „
c. $P = 716$ „

## Schwerpunkt.

19. $x = r \,.\, 57{,}32 \, \frac{0{,}5}{30} = 0{,}9553\, r.$
20. $x = 0{,}6369\, r.$
21. $x = 0{,}4897\, r = 17{,}63$ Millimeter.
22. Um 21,5 Millimeter.
23. Bezeichnen wir den Winkel, welcher der Seite von 33 Millimeter gegenüberliegt, mit $\beta$, so ist

$$\cos \beta = \frac{36^2 + 40^2 - 33^2}{2 \,.\, 36 \,.\, 40} = 0{,}6267,$$

also

$$\sin \beta = 0{,}779$$

und endlich

$$h = \frac{40 \,.\, \sin \beta}{3} = \frac{40 \,.\, 0{,}779}{3} = 10{,}38.$$

24. a. Der Abstand des Schwerpunktes von der fraglichen Spitze beträgt 20,5 Millimeter.

b. $h = 30 \, \frac{\sin 75^0}{3} = 9{,}66.$

25. Graphische Lösung.
26. $y = 0{,}659\, r = 23{,}7$ Millimeter.
27. $y = 0{,}4235\, r.$
28. $z = 0{,}7038\, r.$
29. $z = \frac{2r}{3 \cdot \frac{\pi}{2}} = \frac{4r}{3\pi}.$
30. Der Flächeninhalt des um seine Axe gedrehten Halbkreises ist

$$i = \frac{\pi r^2}{2}.$$

Der Umfang des Kreises, dessen Radius gleich $z$ ist, ist

$$2\pi z = \frac{8r}{3},$$

also der Inhalt der Kugel

$$J = i \,.\, 2\pi z = \frac{\pi r^2}{2} \cdot \frac{8r}{3} = {}^4/_3\, \pi r^3.$$

## Stabilität.

30. a. A. 374 gr, B. 214 gr.
30. b. $no = 6$ cm, $sh = oc = 3$ cm.
30. c. 187 gr und 107 gr.

30. d. 374 Gramm.
30. e. 1,5 Centimeter.
30. f. 152 g; 208 g.
30. g. 3,8 cm; 187 g.

## Die Elasticitätsconstanten.

31. a. Auf das preußische Fußmaaß bezogen wird die Tabelle auf Seite 19

| | Elasticitätsgrenze | | Verlängerung bei der Elasticitätsgrenze | |
|---|---|---|---|---|
| | ausgezogen | angelassen | ausgezogen | angelassen |
| Blei . . . . . . . . . | 2,45 Pfd. | 1,96 Pfd. | 0,253''' | 0,217''' |
| Silber . . . . . . . | 107,8 „ | 28,4 „ | 2,701 | 0,651 |
| Kupfer . . . . . . . | 117,6 „ | 28,4 „ | 1,685 | 0,486 |
| Platin . . . . . . . | 274,4 „ | 137,2 „ | 2,574 | 1,458 |
| Eisen . . . . . . . | 313,6 „ | 49,0 „ | 2,719 | 0,363 |
| Stahl . . . . . . . | 421,4 „ | 142,0 „ | 3,625 | 1,005 |

b. Die auf einen Querschnitt von 1 □''' (preuß.) und ein angehängtes Gewicht von 1 Pfund bezogenen Werthe des Elasticitätscoefficienten $n$ erhält man, wenn man die entsprechenden Zahlen der Tabelle auf Seite 20 mit 2 . 4,9 oder mit 9,8 dividirt, weil 1 □''' = 4,9 □$^{mm}$ und 1 Pfund = 0,5 Kilogramm.

Die gesuchten Werthe von $E$ erhält man, wenn man die der Tabelle auf Seite 20 mit 9,8 multiplicirt.

c. Die Berechnung von $E$ ist schon unter b. besprochen worden. Ebenso werden die Werthe der Elasticitätsgrenze gefunden, wenn man die in der Tabelle auf Seite 21 aufgeführten mit 9,8 multiplicirt.

32. d. = 0,000184 Meter.

Für die Länge von 1 Meter beträgt also die Verlängerung 0,092 Millimeter, der Draht ist also noch nicht bis zur Elasticitätsgrenze belastet.

33.

| | $d$ |
|---|---|
| Silber . . . . . . . . . . | 0,88$^{mm}$ |
| Kupfer . . . . . . . . . . | 0,59 |
| Eisen . . . . . . . . . . | 0,30 |

34. Da $E = \frac{1}{n}$, so hat man die gegebenen Werthe von $E$ nur in 1 zu dividiren, um die verlangten Werthe von $n$ zu erhalten; so ergiebt sich z. B. für Föhrenholz $n = 0{,}00177$ und für Ahornholz $n = 0{,}00098$.

35. $d = n \cdot \frac{70 \, . \, 2}{314} = n \, . \, 0{,}446$ Meter, also wird ein Stab der fraglichen Dimensionen von Föhrenholz um . . . . 0,789 Millimeter,
ein solcher von Ahornholz um . . . . . . . 0,437 „
ausgezogen, wenn ein Gewicht von 70 Kilogramm angehängt wird.

## Berechnung der Krystallaxen.

36. Es ergiebt sich für die Hauptaxe

| | |
|---|---|
| des schwefelsauren Nickeloxyds . . . . . | 1,888 |
| des arsensauren Kalis . . . . . . . . | 0,664 |
| des Apophyllits . . . . . . . . . . | 1,251 |
| des Blutlaugensalzes . . . . . . . . | 1,768 |

37. Es ergiebt sich für die Hauptaxe

| | |
|---|---|
| des Rutils . . . . . . . . . . . . | 0,655 |
| des Quecksilberjodids . . . . . . . . | 1,997 |
| des schwefelsauren Nickeloxyds . . . . . | 1,887 |
| des Vesuvians . . . . . . . . . . . | 0,535. |

38. a. In Fig 7 seien $an$ und $ap$ zwei Nebenaxen der doppelt sechsseitigen

Fig. 7.

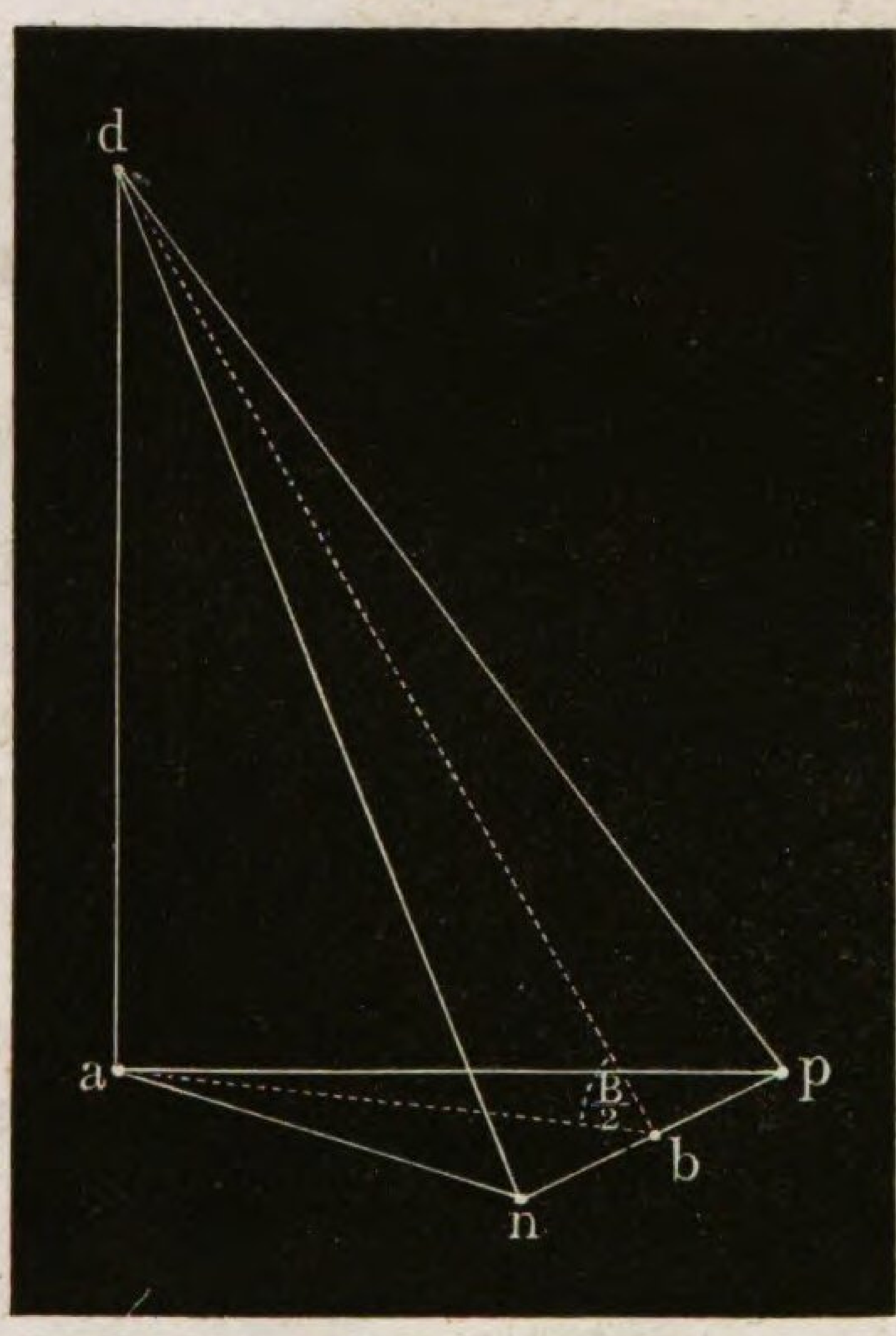
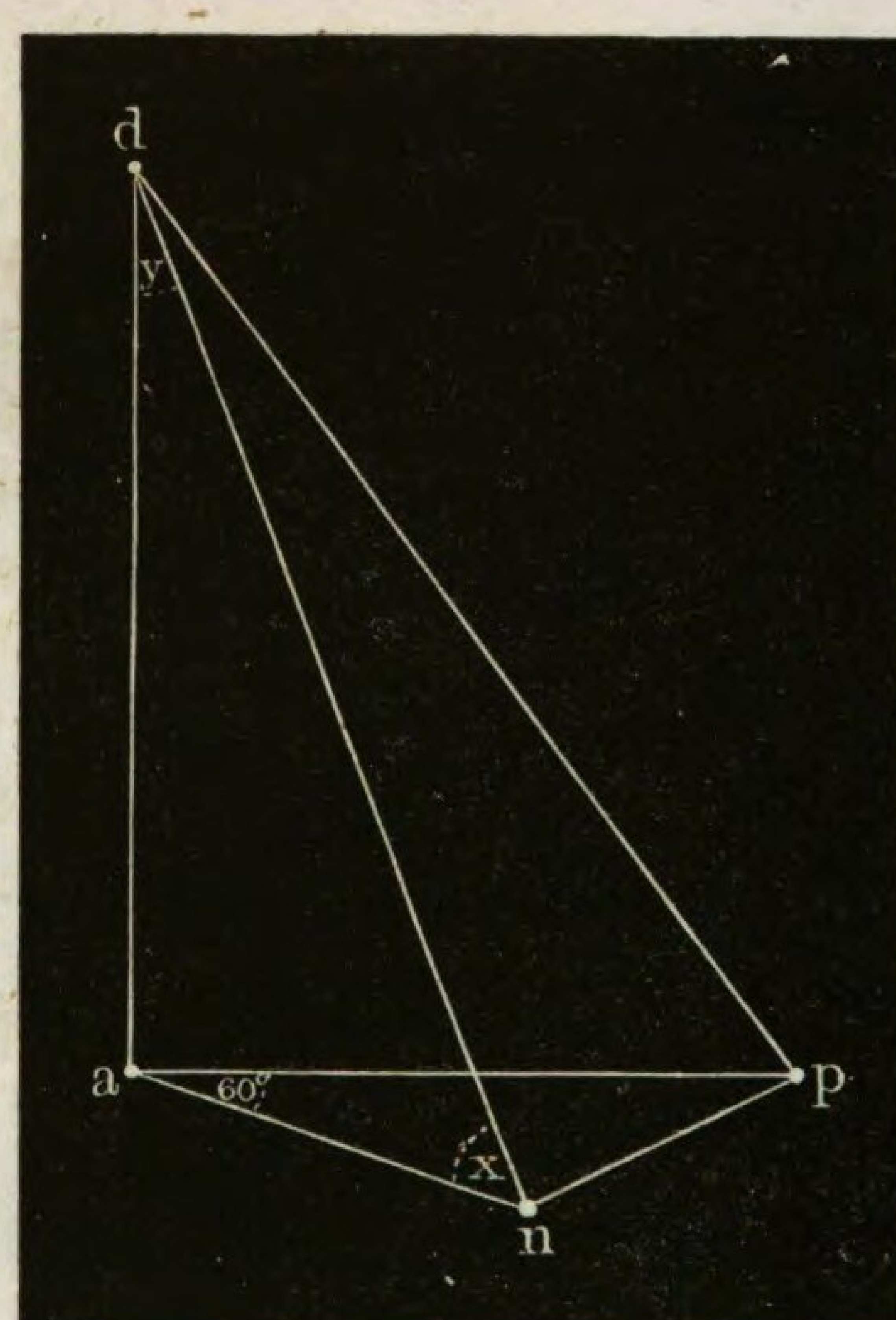



Fig. 8.




Pyramide, $ad$ aber die Hauptaxe, deren Länge wir mit $c$ bezeichnen wollen, während $an = ap = 1$. Liegt $b$ in der Mitte zwischen $n$

und $p$, so ist der Winkel $abd$ gleich dem halben Grundkantenwinkel, wir haben also

$$ad = c = ab \,.\, tang \frac{B}{2};$$

ferner aber ist

$$ab^2 = an^2 - nb^2$$
$$ab^2 = 1 - \tfrac{1}{4} = \tfrac{3}{4}$$
$$ab = \sqrt{\tfrac{3}{4}};$$

also endlich

$$c = \sqrt{\tfrac{3}{4}} \,.\, tang\, \tfrac{1}{2} B \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (5)$$

b. Wenn in Fig. 8 die Linien $an$, $ap$ und $ad$ die gleiche Bedeutung haben, wie in Fig. 7, so ist

$$an = ap = 1$$
$$ad = c = tang\, x.$$

Zur Berechnung des Winkels $x$ haben wir aber die Gleichung

$$sin\, x = cos\, y = \sqrt{3} \,.\, cotang \frac{A}{2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (6)$$

welche sich auf folgende Weise ergiebt.

Bezeichnen wir den Winkel, unter welchem die Flächen $adn$ und $dnp$ in der Kante $dn$ zusammenstoßen, mit $\frac{A}{2}$, so ergiebt sich:

$$sin\, x = cos\, y = \frac{cos \frac{A}{2} + cos \frac{A}{2} \cdot cos\, 60^0}{sin \frac{A}{2} \cdot sin\, 60}$$

(nach Gleichung 13 auf Seite 58 der sphärischen Trigonometrie), also

$$sin\, x = \frac{cos\, \tfrac{1}{2} A + \tfrac{1}{2} cos\, \tfrac{1}{2} A}{\sqrt{\tfrac{3}{4}} \,.\, sin\, \tfrac{1}{2} A}$$

$$sin\, x = \frac{\tfrac{3}{2}\, cos\, \tfrac{1}{2} A}{\tfrac{1}{2} \sqrt{3} \,.\, sin\, \tfrac{1}{2} A}$$

$$sin\, x = cos\, y = \frac{3}{\sqrt{3}}\, cotg\, \tfrac{1}{2} A = \sqrt{3}\, cotg\, \tfrac{1}{2} A \,. \quad 7)$$

Diese Gleichungen (6) und (7) stimmen aber mit den Gleichungen (6) und (7) auf Seite 34 überein, da hier der Winkel mit $y$ bezeichnet wird, der dort $x$ genannt ist.

39. $c = 1{,}099.$

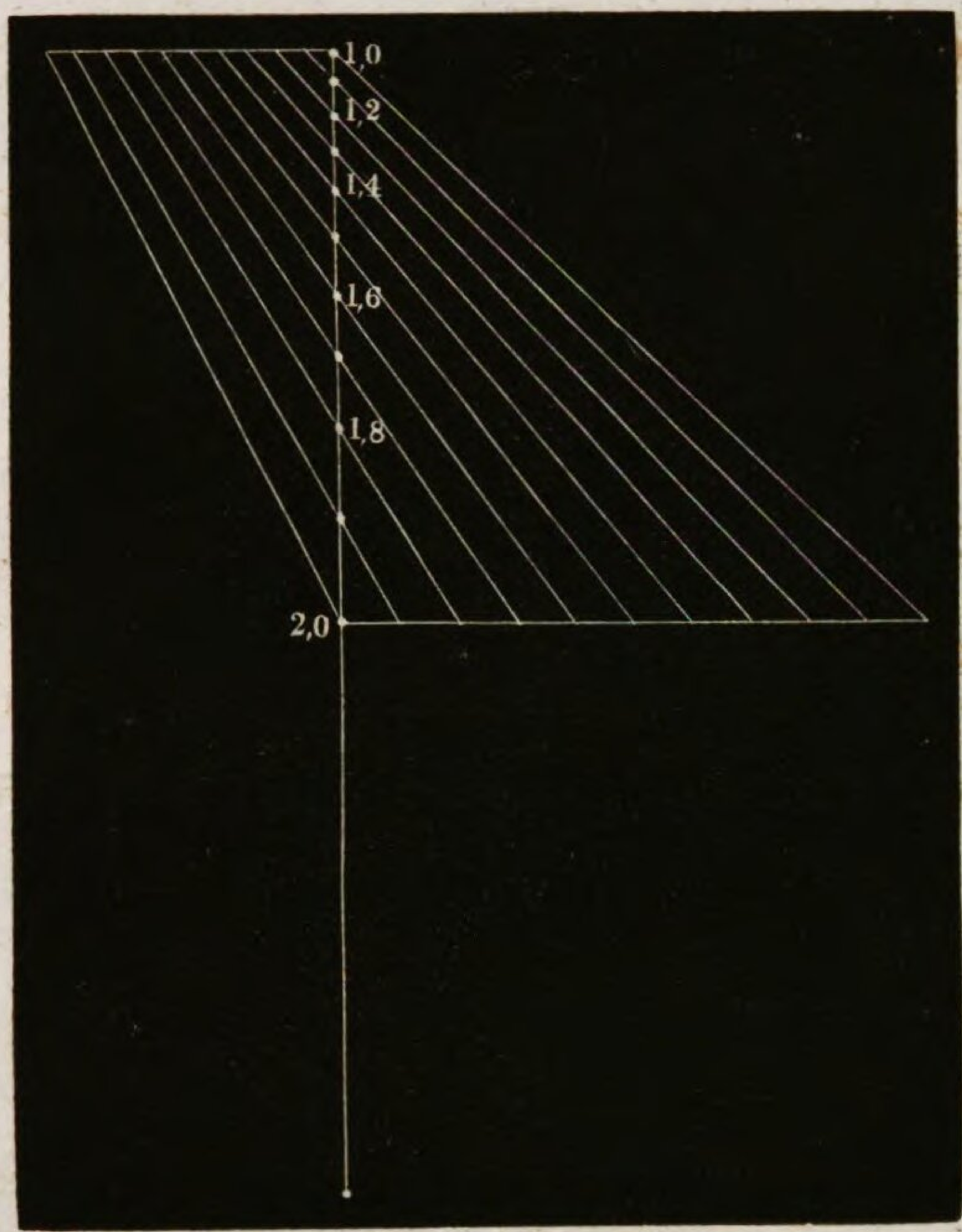
40. $c = 1{,}109.$

41. Die Makrodiagonale 0,527
die Mikrodiagonale 0,427.

## Scalenaräometer.

42. Die Construction der Densimeterscale zwischen dem Wasserpunkt und demjenigen Punkte, welcher dem specifischen Gewichte 2 entspricht, ist in Fig. 9, von Zehntel zu Zehntel des specifischen Gewichts fortschreitend, ausgeführt.

Fig. 9.




## Das Mariotte-Gay-Lussac'sche Gesetz.

43. $c =$ 587781 für atmosphärische Luft.
$c =$ 530726 für Sauerstoffgas.
$c =$ 8501110 für Wasserstoffgas.
$c =$ 383380 für Kohlensäure.

44. 14,09 Cubikdecimeter.

45. 583,5 Cubikcentimeter.

## Barometrische Höhenmessung.

46. a. 1247 Meter.

b. 1 Cubikfuß Wasser wiegt 66 (alte preußische) Pfund, demnach wiegen 1000 Cubikfuß Wasser 66000 Pfund. Das specifische Gewicht der Luft bei $0^0$ und 28 Zoll Barometerstand ist 0,001293, also wiegen 1000 Cubikfuß Luft im Normalzustande 85,34 Pfund.

Die Temperatur der Luft auf dem Gipfel des Berges gleich Null angenommen ist also dort das Gewicht von 1000 Cubikfuß Luft

$$85{,}34 \cdot \frac{22{,}583}{28} = 68{,}8 \text{ Pfund.}$$

47. 2830,6 Meter oder 8712,6 Pariser Fuß.

48. Wenn man von den Temperaturdifferenzen abstrahirt, ergiebt sich für den Barometerstand in der Höhe von 21000 Fuß

$$b = 11'' \; 9'''.$$

48 a. $H = 2067$ Meter.

48 b.

| | $H$ | | $H$ |
|---|---|---|---|
| Januar . . . | 2056 | Juli . . . | 2079 |
| Februar . . . | 2061 | August . . | 2075 |
| März . . . . | 2069 | September . | 2068 |
| April . . . . | 2071 | October . . | 2060 |
| Mai . . . . | 2072 | November . . | 2061 |
| Juni . . . . | 2078 | December . . | 2057 |

48 c.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Januar . . | — 14 m | Juli . . . | + 9 m |
| Februar . . | — 9 | August . . | + 5 |
| März . . . | — 1 | September . | — 2 |
| April . . . | + 1 | October . . | — 10 |
| Mai . . . | + 2 | November . . | — 9 |
| Juni . . . | + 8 | December . . | — 13 |

## Die Luftpumpe.

49. a. $\frac{1}{8}$; b. $\frac{1}{64}$; c. $\frac{1}{4096}$.

50. a. 0,316; b. 0,1; c. 0,01.

51. 72 Kolbenzüge.

## Steigkraft des Luftballons.

52. 155 Kilogramm.

53. Der Ballon sammt dem eingeschlossenen Wasserstoffgas wiegt 495 Kilogramm, welche den Raum von 500 Cubikmeter einnehmen. In der Höhe, in welcher der Luftballon stehen bleibt, wiegt also 1 Cubikmeter Luft $\frac{500}{495} = 1{,}0101$ Kilogramm. Da nun ferner 1 Cubikmeter Luft bei 760 Millimeter Barometerstand (nahe) 1,3 Kilogramm wiegt, so ist also in jener Höhe der Barometerstand

$$b = 760 \, \frac{1{,}0101}{1{,}3} = 590 \text{ Millimeter.}$$

Setzt man nun in Gleichung 1 Seite 46 des Supplementbandes $B = 760$, $b = 590$, so kommt
$H = 2019$ Meter.

| | | |
|---|---|---|
| 54. | 500 Cubikmeter Luft bei 20° C. und 735 Millimeter Barometerstand wiegen . . . . . . . . . | 585 Kilogramm |
| | 500 Cubikmeter Wasserstoff bei 20° C. und 735 Millimeter Barometerstand wiegen . . . . . . | 40 „ |
| | Die Hülle wiegt . . . . . . . . . . . . | 450 „ |
| | Es ist also die Steigkraft des Luftballons. . . . | 95 „ |

(NB. Wenn die zu obigen Zahlen gehörigen Decimalstellen unberücksichtigt bleiben.)

55. Der Auftrieb des Luftballons ist 66 k.

55 a. Der Auftrieb dieses Luftballons beträgt 3198 Kilogramm.

## Wurfbewegung.

56. a. 100 Fuß,
b. 173,2 „
c. 500 Fuß,
d. 1154,7 „
e. 5,77 Secunden.

57. 4381,8 Fuß.

57 a. Die horizontale Geschwindigkeit der Kugel beträgt 666 Meter.

## Pendelschwingungen.

| | | |
|---|---|---|
| 58. | St. Thomas . . . . . . | 9,771 Meter |
| | Trinidad . . . . . . . . | 9,773 „ |
| | New-York . . . . . . . | 9,792 „ |
| | Paris . . . . . . . . | 9,799 „ |
| | London . . . . . . . . | 9,801 „ |
| | Trontheim . . . . . . | 9,811 „ |
| | Spitzbergen . . . . . . | 9,819 „ |

## Trägheitsmomente.

59. 1 616 250 Gramm.

60. 16,66 Pfund.

Die Bedeutung dieser Zahl ist folgende: Wenn irgend eine beschleunigende Kraft den fraglichen Stab um eine Axe umzudrehen strebt, welche an dem einen Ende desselben angebracht ist, so geht die Bewegung gerade so vor sich, als ob der Stab ohne Masse, dagegen 1 Fuß von dem Drehpunkte entfernt eine Masse von 16,66 Pfund angebracht wäre, oder mit anderen Worten: Der Stab setzt vermöge der Trägheit aller seiner einzelnen Theilchen einer beschleunigenden Kraft, welche ihn um die fragliche Axe zu drehen strebt, einen ebenso großen Widerstand entgegen, wie eine Masse von 16,66 Pfund, welche sich 1 Fuß weit vom Drehpunkte befindet.

61. a. 404062 Gramm,
b. 4,166 Pfund.
62. 47736 Gramm.
63. 48,37 Pfund.
64. 1 043 191 Gramm.

## Der Schwingungspunkt.

65. 50 Centimeter.
66. 149,1 „
67. 0,997 Secunden.
68. 0,66 „
69. 0,61 „

## Experimentelle Bestimmungen des Trägheitsmomentes.

70. $K = 457770$.
71. Der erste Schwingungsversuch führt zu der Gleichung

$$\frac{60}{68} = 0{,}8823 = 3{,}14 \sqrt{\frac{K}{980\,C}},$$

der zweite Schwingungsversuch führt zu der Gleichung

$$\frac{60}{59} = 1{,}017 = 3{,}14 \sqrt{\frac{K + 5070000}{980\,(C + 39000)}},$$

aus der Combination dieser beiden Gleichungen ergiebt sich

$$K = 3\,522\,090.$$

72. a. $K = 29057$.
b. Nach Gleichung (3) auf Seite 78 ist

$$29057 = \frac{29{,}5^2 + 2^2}{12}\, 29{,}5 \,.\, 2 \,.\, d \,.\, 7{,}8,$$

wenn $d$ die Dicke des Stabes bezeichnet, da 7,8 das specifische Gewicht des Stahls ist. Daraus ergiebt sich

$$d = 0{,}86 \text{ Centimeter}$$

und

$$P = 399{,}67 \text{ Gramm}.$$

## Vom Stoße.

73. $v = 4{,}6$ Fuß.
74. $v = 3{,}333$ „
75. $v = 14{,}5$ „
76. $v = -2{,}5$ Fuß.
77. $v = 0$ „
78. $v = 1{,}4$ „

Für die eben besprochenen sechs Beispiele ist die Summe der lebendigen Kräfte:

| | Vor dem Stoß. | Nach dem Stoß. |
|---|---|---|
| 74. | 2,333 | 2,222 |
| 75. | 44,99 | 40,04 |
| 76. | 16,99 | 1,25 |
| 77. | 19,82 | 0 |
| 78. | 8,16 | 4,76. |

## Das ballistische Pendel.

79. 364,68 Meter Geschwindigkeit.
80. 438 Meter Geschwindigkeit.
81. $1^0 22'$.

## Stoß elastischer Körper.

82. a. $V = 1{,}66$ Fuß $V_1 = 3{,}66$ Fuß
b. $V = 8{,}33$ „ $V_1 = 18{,}33$ „
c. $V = -13$ „ $V_1 = 5$ „
d. $V = -7$ „ $V_1 = 10$ „
e. $V = 1{,}2$ „ $V_1 = 8{,}2$ „

Die Aufgabe 82 bezieht sich auf die in 74 bis 78 gegebenen Data.

## Reibungswiderstand in langen Röhren.

83. Für $S = 3$ Meter würde ohne Reibungswiderstände die Ausflußgeschwindigkeit sein

$$V = 7{,}67 \text{ Meter.}$$

Setzt man diesen Werth von $v$ in Gleichung (8), so kommt als erste Annäherung

$$b' = 0{,}0178;$$

dies in Gleichung (7) gesetzt, ergiebt als erste Annäherung für die Ausflußgeschwindigkeit

$$v' = 1{,}92 \text{ Meter,}$$

und danach ferner

$$b = 0{,}021$$
$$v = 1{,}79 \text{ Meter,}$$

für die zugehörige Ausflußmenge aber

$Q = 0{,}005$ Cubikmeter oder 5 Liter in der Secunde, 300 Liter in der Minute.

84. $v = 5{,}095$, $S = 13{,}6$.

85. $d' = 0{,}0477$ Meter,
$v = 1{,}675$ „
$b = 0{,}0217$ „
$d = 0{,}0489$ „

## Zweites Buch.

# Akustik.

### Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in tropfbar flüssigen und festen Körpern.

86. a. Für Quecksilber ist:

$$l = \frac{0,0000034}{0,76} = 0,000004473,$$

$$v = 4690 \text{ Meter.}$$

b. Für Weingeist ist:

$$l = \frac{0,000095}{13} = 0,0000073,$$

$$v = 1158 \text{ Meter.}$$

87. $v = 5006$ Meter.

### Töne gespannter Saiten.

88. a. Die Schwingungszahl der Kupfersaite ist:

$$n = 132 \sqrt{\frac{7,8}{8,8}} = 124,$$

der Ton derselben ist also etwas höher als der Ton $H$, dessen Schwingungszahl 123 ist.

b. Die Schwingungszahl der Darmsaite ist:

$$n = 132 \sqrt{\frac{7,8}{0,9}} = 388,$$

der Ton liegt also zwischen $\overline{fis}$ und $\overline{g}$, deren Schwingungszahlen 374 und 396 sind.

89. $n = \frac{1}{0,04.75}\sqrt{\frac{980.3000}{3,14.7,8}} = 115,46.$

90. Die Schwingungszahl des Tones $c$ ist 132, wir haben also:

$$132^2 : 115,46^2 = s : 3000,$$

mithin

$$s = 3920 \text{ Gramm}.$$

91. $132 = \frac{1}{r.50}\sqrt{\frac{980.10000}{3,14.7,8}},$

also

$$r = 0,096 \text{ Centimeter}.$$

Die Saite muß also 1,92 Millimeter dick sein.

92. $l = 1,91$ Meter.

## Transversalschwingungen elastischer Stäbe.

93. Die Schwingungszahl für $\overline{\overline{gis}}$ ist 836; danach ergiebt sich aus Gleichung (1) Seite 124 für den Factor $C$ der Werth

$$C = 0,536.$$

94. Für $\overline{\overline{f}}$ ist die Schwingungszahl 704. Danach haben wir:

$$704 = 0,536\ \frac{6}{14,9^2}\sqrt{\frac{980\,K}{2,4}},$$

wonach

$$K = 578300 \text{ Kilogramm}.$$

95. In der 95ten Aufgabe ist der Werth von $K$ für Glockenmetall nicht richtig, indem eine 0 zu wenig ist.

Es soll heißen $K = 3\,200\,000\,000$. Danach haben wir:

$$n = 836\sqrt{\frac{3\,200\,000\,000}{2\,000\,000\,000}\cdot\frac{7,8}{8,8}}$$

$$n = 1027.$$

Der Ton liegt zwischen $\overline{\overline{h}}$ und $\overline{\overline{\overline{c}}}$, deren Schwingungszahlen 990 und 1056 sind.

96. Einen Ton, dessen Schwingungszahl 390 ist, welcher also zwischen $\overline{fis}$ und $\overline{g}$ liegt.

Drittes Buch.

# Optik oder die Lehre vom Licht.

---

## Hohlspiegel.

97. Für die Gegenstandsweite ist die Bildweite:

| Für die Gegenstandsweite | ist die Bildweite: |
|---|---|
| 60 Decimeter | 9,23 Decimeter. |
| 15 „ | 17,14 „ |
| 12 „ | 24 „ |
| 9 „ | 72 „ |
| 7 „ | — 56 „ |
| 5 „ | — 13 „ |

Die negativen Werthe für die Bildweite deuten an, daß in den entsprechenden Fällen die vom Spiegel reflectirten Strahlen **nicht** nach einem Punkte hin **convergiren**, welcher **vor**, sondern daß sie von einem Punkte aus **divergiren**, welcher **hinter** dem Spiegel liegt.

98. Für die Bildweite ist die Gegenstandsweite:

| Für die Bildweite | ist die Gegenstandsweite: |
|---|---|
| 8 Zoll | 56 Zoll. |
| 11 „ | 19,25 „ |
| 14 „ | 14,00 „ |
| 18 „ | 11,45 „ |
| 36 „ | 8,69 „ |
| 60 „ | 7,92 „ |

99. $f = 2{,}3$ Fuß.

## Größe der Ablenkung.

100. Zu $i = 50$ gehört $r = 30^0\,3'$, die Ablenkung ist also $19^0\,57'$. Zu $r = 32^0\,3'$ gehört $i = 54^0\,16'$, Ablenkung $22^0\,13'$. Um den

Brechungswinkel $r$ um $2^0$ wachsen zu machen, mußte also der Einfallswinkel um $4^0\,16'$ zunehmen. Die Zunahme der Ablenkung beträgt $2^0\,16'$.

101. Zu $i = 50$ gehört $r = 30^0\,3'$, Ablenkung $19^0\,57'$.
Zu $r = 28^0\,3'$ gehört $i = 46^0$, Ablenkung $17^0\,57'$.
Abnahme der Ablenkung $2^0$.

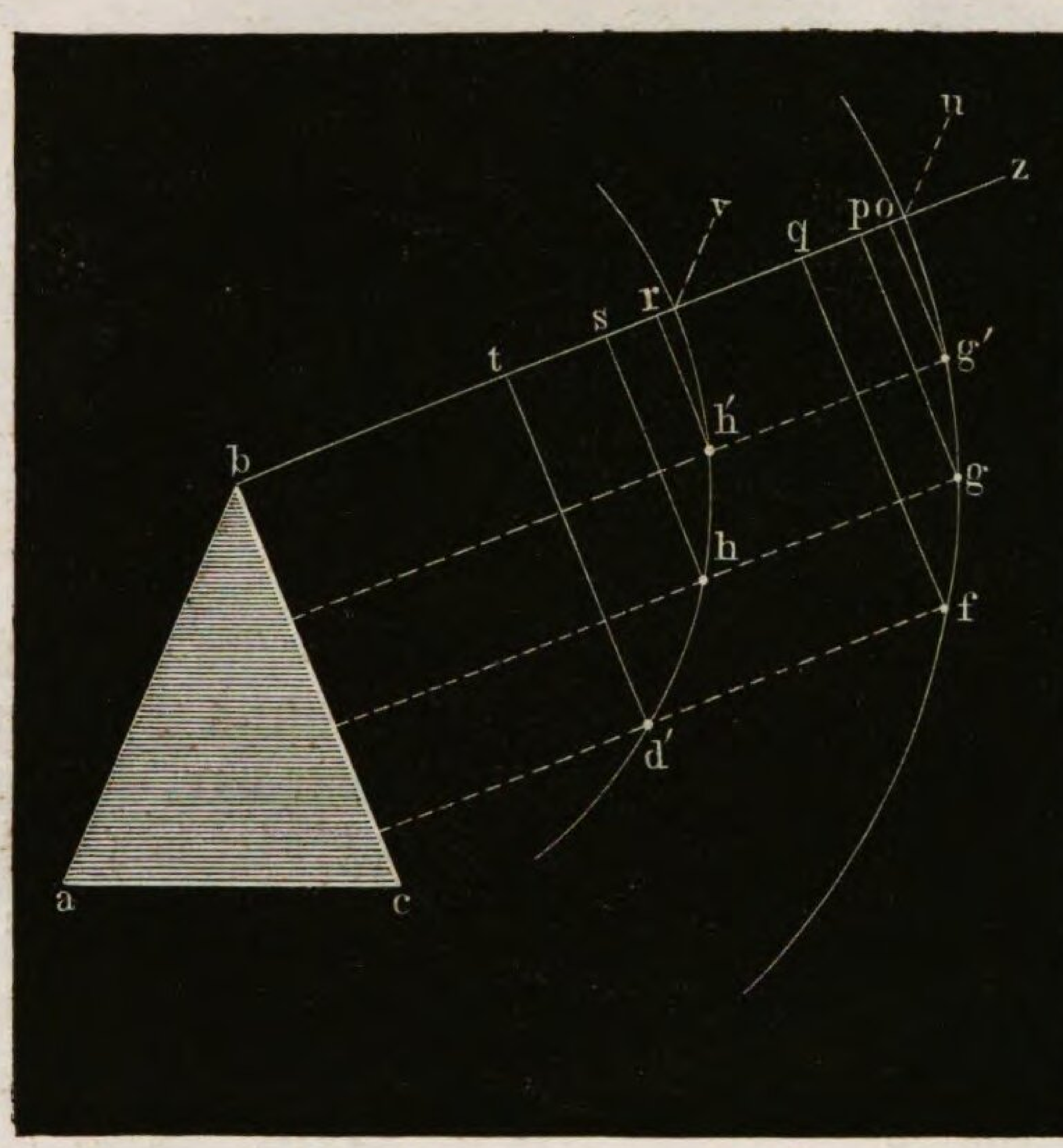
102. Die Zunahme der Ablenkung unter Nr. 100 ist größer als die Abnahme unter Nr. 101.

103. Für $r = 39^0$ ist $i = 74^0\,20'$; Ablenkung $35^0\,20'$ } $2^0\,57'$
„ $r = 38^0$ „ $i = 70\;23$ „ $32\;23$
„ $r = 37^0$ „ $i = 67\;\;2$ „ $30\;\;2$ } $2^0\,21'$.

Wenn der Brechungswinkel von $38^0$ um $1^0$ abnimmt, so ist die Abnahme der Ablenkung ($2^0\,21'$) kleiner als die Zunahme der Ablenkung ($2^0\,57'$), welche einem Wachsthum von $r$ um $1^0$ entspricht.

104. In Fig. 10 sind die Punkte $a$, $b$ und $c$ sowie $g$ und $g'$ sammt den beiden Kreisbogen ohne Weiteres aus Fig. 142 Seite 159 übertra-

Fig. 10.




gen und dann durch die Punkte $g$ und $g'$ Perpendikel auf $bc$ gefällt. Diese Perpendikel schneiden den inneren Kreis in den Punkten $h$ und $h'$, welche vollkommen den gleichnamigen Punkten in Fig. 142 entsprechen. Ferner ist der Bogen $gf'$ in Fig. 10 gleich dem Bogen $ff'$ in Fig. 142 gemacht und dann von $f'$ ein Perpendikel auf $bc$ gefällt, welches den inneren Kreis in $d'$ schneidet. Es ist nun leicht, sich zu überzeugen, daß der Bogen $hd'$ in Fig. 10 gleich ist dem Bogen $dd'$ in Fig. 142.

Nun aber ist zu beweisen, daß der Bogen $hd'$ größer ist als $hh'$.

Zu diesem Zweck ziehe man durch $b$ eine Linie $bz$ rechtwinkelig zu $bc$ und fälle auf dieselbe Perpendikel von $g$, $g'$ und $f'$, sowie auch von $h'$, $h$ und $d'$.

Bezeichnen wir nun mit $\alpha$ den Winkel, welcher zum Bogen $gg'$ ($gg' = gf'$) gehört und mit $y$ den zum Bogen $gu$ gehörigen, so ist

$$g'o = n \sin (y - \alpha)$$
$$gp = n \sin y$$
$$f'q = n \sin (y + \alpha),$$

wenn $n$ der Radius des äußeren Kreises ist. Bezeichnen wir ferner mit $x$, $\beta$ und $\beta'$ die Winkel, welche von den Bogen $hv$, $h'v$ und $d'h$ überspannt werden, so ist

$$rh' = \sin (x - \beta)$$
$$sh = \sin x$$
$$td' = \sin (x + \beta'),$$

da der Radius des inneren Kreises gleich 1 ist. Da aber $rh' = og'$, $sh = pg$ und $td' = qf'$, so ist

$$\sin (x - \beta) = n \sin (y - \alpha) \quad . \; . \; . \; . \quad (1)$$
$$\sin x = n \sin y \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$
$$\sin (x + \beta') = n \sin (y + \alpha) \quad . \; . \; . \; . \quad (3)$$

Aus der Combination von (1) und (3) ergiebt sich

$$2 n \sin y . \cos \alpha = \sin x (\cos \beta + \cos \beta') - \cos x (\sin \beta - \sin \beta'),$$

und wenn man in diese Gleichung den Werth von $n \sin y$ aus Gleichung (2) einführt,

$$2 . \sin x \cos \alpha = \sin x (\cos \beta + \cos \beta') - \cos x (\sin \beta - \sin \beta')$$
$$2 \cos \alpha = \cos \beta + \cos \beta' + \operatorname{cotang.} x (\sin \beta' - \sin \beta).$$

Da nun aber $\beta$ jedenfalls größer ist als $\alpha$, $\cos \beta$ also kleiner als $\cos \alpha$, so muß der Factor von $\operatorname{cotang} x$ nothwendig positiv, also $\sin \beta'$ größer als $\sin \beta$ oder $\beta'$ größer als $\beta$ sein.

Wenn aber der Bogen $d'h > hh'$ oder was dasselbe ist, wenn in Fig. 142 Bogen $dd' > hh'$, so ist auch Winkel $lbl' > pbp'$.

## Bestimmung des Brechungsexponenten fester und flüssiger Körper.

105. Die Tangente des Ablenkungswinkels $D$ ist $\frac{93}{200} = 0{,}465$, also:

$$D = 24^0 57',$$

wonach sich ergiebt:

$$n = 1{,}497.$$

Das gleiche Resultat ergiebt sich aus der Tabelle auf Seite 162. Dem Theilstrich 90 entspricht der Brechungsexponent 1,4844. Die Differenz des Brechungsexponenten für 1 Scalentheil ist aber für jenen Theil der Scala gleich 0,00435, also für 3 Scalentheile 0,013, also der Werth von $n$ für unsern Fall

$$1{,}4844 + 0{,}013 = 1{,}4974.$$

106. $n = 1{,}365.$

107. $n = \frac{\sin 54^0\, 35'}{\sin 30^0} = 1{,}6299.$

108. $n = 1{,}5419.$

## Austritt der Strahlen aus dem Prisma.

109. Der brechende Winkel eines Flintglasprismas darf nicht über $2\,(37^0\, 36') = 75^0\, 12'$ sein, wenn ein auf der einen Seite eintretender Strahl auf der anderen noch austreten soll.

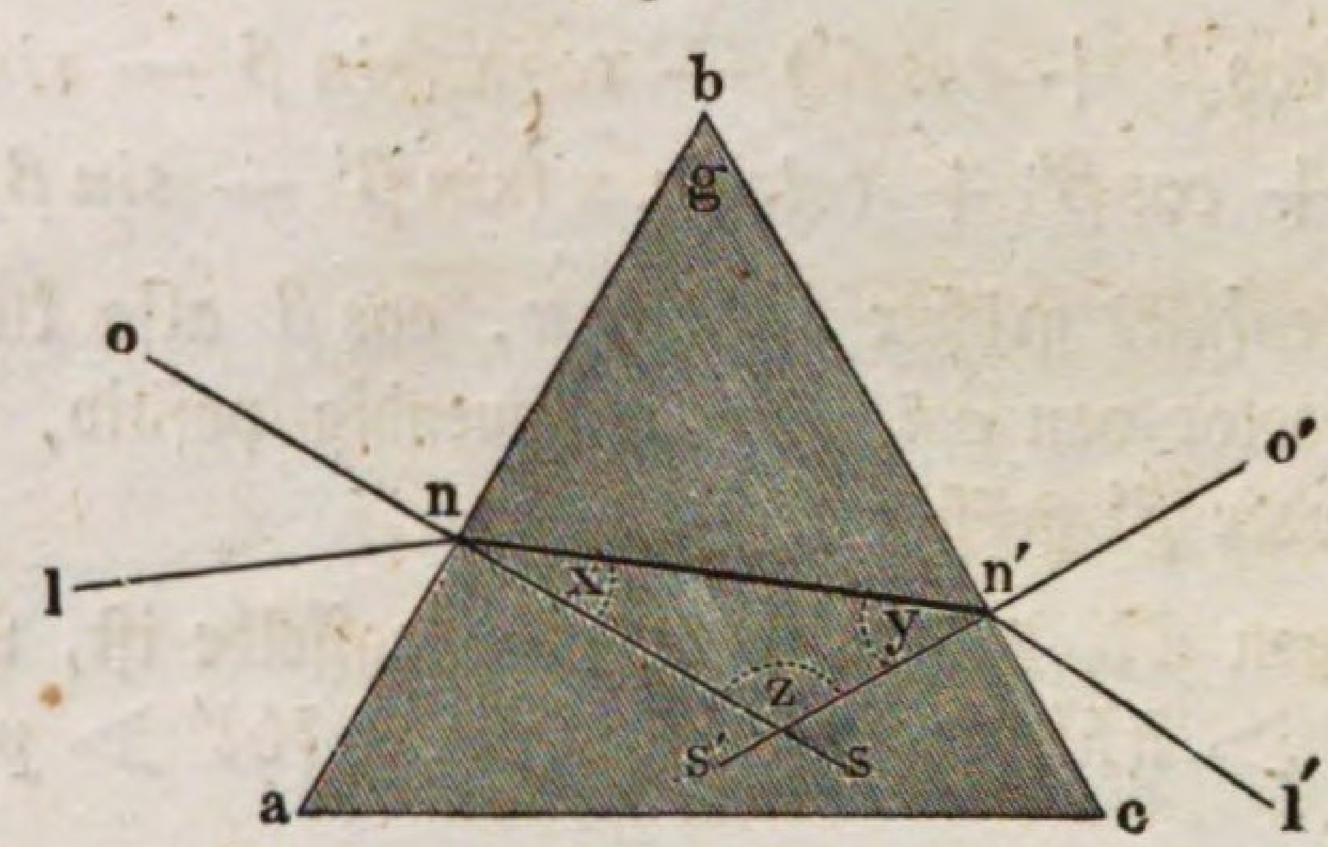
110. Der Grenzwerth für $g$ ist $81^0\, 38'$.

111. Für ein Wasserprisma ist der Grenzwerth für $g$ gleich $96^0\, 32'$.

112. Der Brechungswinkel $x$ an der Eintrittsfläche darf höchstens $60^0 - 37^0\, 36' = 22^0\, 24'$ sein; dazu gehört der Einfallsw. $38^0\, 44'$.

Diese Aufgabe läßt sich auch leicht durch Construction lösen. Nachdem man im Punkte $n'$, Fig. 11, der Austrittsfläche das Einfallsloth $s'o'$ gezogen hat, wird die Linie $nn'$ so gezogen, daß der Winkel $y$ gleich dem Grenzwinkel des Flintglases, also gleich $37^0\, 36'$ ist. Hat man im Punkte $n$ gleichfalls das Einfallsloth gezogen, so ist $n'ns$ das Minimum des Brechungswinkels an der Eintrittsfläche, für welchen noch ein Austritt an der zweiten Prismenfläche möglich ist. Dem gebrochenen Strahl $nn'$ entspricht aber der einfallende Strahl $ln$. Ein Strahl also, welcher bei $n$ eintretend, sich dem Einfallsloth $no$ noch mehr nähert als $ln$, kann an der Fläche $bc$ nicht mehr austreten. Nur solche Strahlen können an der Fläche $bc$ austreten, deren Richtung vor dem Eintritt in das Prisma innerhalb des Winkels $lna$ liegt.

Fig. 11.




113. $x = 19^0\, 11'.$

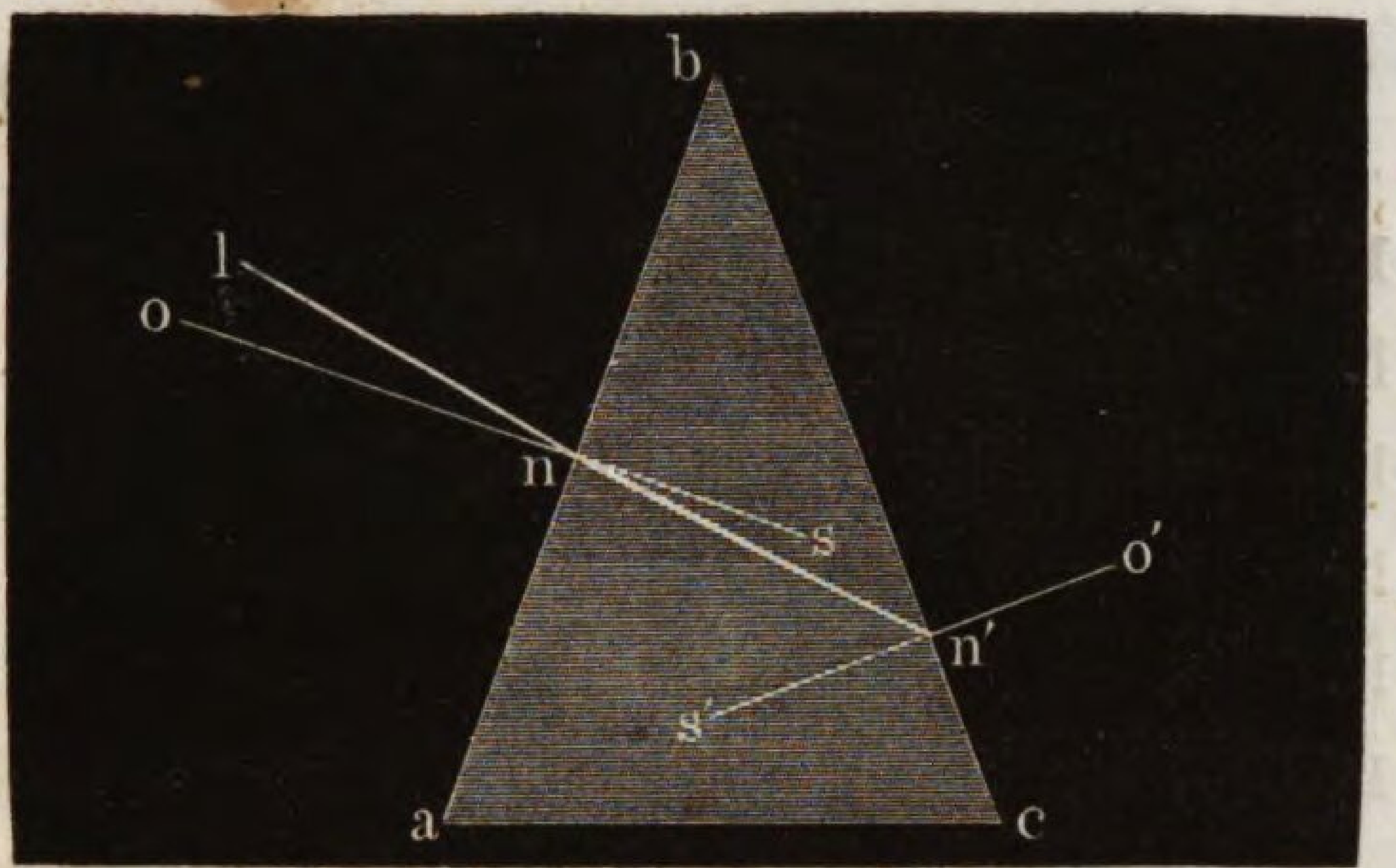
114. $x - 11\;\; 44.$

115. a. $x = 7^0 24'$
b. $x = 4\ 11$
c. $x = -3\ 16.$

Der negative Werth von $x$ im letzten Falle zeigt an, daß der gebrochene Strahl $nn'$ von $n$ aus betrachtet, nicht mehr links vom Einfallsloth $ns$ liegt, wie in den bis dahin betrachteten Fällen, sondern rechts von $ns$, wie in Fig. 12, daß also der einfallende Strahl $ln$ noch innerhalb des Winkels $onb$ liegt.

116. Der brechende Winkel $g$ des Prismas muß gleich sein dem Grenzwinkel der Substanz, in unserm Fall also $37^0 36'$.

Fig. 12.




117. a. $g = 40^0 49'$
b. $g = 48\ 16.$

118. $i = -11^0 28'$
In Fig. 12 ist diese Aufgabe durch Construction gelöst. Der Winkel $s'n'n$ ist gleich dem Grenzwinkel des Wassers, gleich $48^0 16'$.

119. $i = -10^0 28'$.

120. $i = -20\ 58.$

## Sammellinsen.

121.

| *x.* | *y.* | *y'.* | *v.* | *z.* | *Hc* |
|---|---|---|---|---|---|
| 1⁰ | 0⁰39′ | 1⁰21′ | 2⁰ 4′ | 1⁰ 4′ | 0,9373dm |
| 5 | 3 16 | 6 44 | 10 20 | 5 20 | 0,9336 |
| 10 | 6 31 | 13 29 | 20 54 | 10 54 | 0,9017 |
| 15 | 9 44 | 20 16 | 32 0 | 17 0 | 0,8465 |
| 20 | 12 54 | 27 6 | 44 1 | 42 11 | 0,7614 |
| 30 | 19 4 | 40 56 | — | — | — |

Der unter $30^0$ einfallende Strahl kann nicht mehr austreten, da für ihn $y'$, gleich $40^0 56'$, also größer ist als der Grenzwinkel des Crownglases.

122.

| $x$. | Hc. |
|---|---|
| $1^0$ | 1,4060 |
| 5 | 1,4004 |
| 10 | 1,3526 |
| 15 | 1,2698 |
| 20 | 1,1421 |

## Berechnung der Bildweite.

123. $b = 1{,}003$ Centimeter.

124. $b = 0{,}3003$ „

125. Im ersten Beispiel ist die Vergrößerung 299, im zweiten Fall 999.

126. $a = 1{,}034$ Fuß. Vergrößerung 29.

127. $a = 2{,}011$ Zoll. Vergrößerung 179.

128. Im ersten Fall ist der Abstand des Bildes von der Linse 6,8. Die Größe des Bildes verhält sich also zu der des Gegenstandes wie 6,8 zu 48 oder wie 1 zu 7,06. — Für den 6 Fuß entfernten Gegenstand ist der Abstand des Bildes von der Linse 6,5 Zoll, also das Verhältniß der Größe des Bildes zur Größe des Gegenstandes 6,5 : 72 oder 1 : 11,7.

129. $f = 0{,}63$ Meter.

130. $f = 0{,}99$ Centimeter.

131. $a = -2$ Zoll.

132. $b = 0{,}779$ Centimeter.

## Hohllinsen.

133. $a = -1{,}764$ Centimeter.

134. $a = -4$ Zoll.

## Wirkung der Linsen auf convergirende Strahlen.

135.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Für $b$ gleich | $-100$ | ist $a$ gleich | 33,8 |
| | $-50$ | | 3,27 |
| | $-20$ | | 3,00 |
| | $-7$ | | 2,33 |
| | $-2$ | | 1,27. |

136. Für $b$ gleich — 60 Cm. ist $a$ gleich — 6,6 Cm.

| | |
|---|---|
| — 25 | — 7,9 |
| — 8 | — 24,0 |
| — 6 | — $\infty$ |
| — 5 | + 30 |
| — 3 | + 6. |

## Combinirte Linsen.

137. a. Der Abstand des Vereinigungspunktes von der zweiten Linse beträgt 1,714 Zoll.

b. Der Abstand des Vereinigungspunktes von der zweiten Linse beträgt 0,8 Zoll.

138. a. Die aus der ersten Linse austretenden Strahlen convergiren gegen einen Punkt, welcher 5 Centimeter von derselben absteht.

Die aus der zweiten Linse austretenden Strahlen convergiren gegen einen 2,22 Zoll von ihr abstehenden Punkt.

Die aus der dritten Linse austretenden Strahlen werden in einem Punkt $L$ vereinigt, welcher 0,98 Centimeter von dieser dritten Linse absteht.

b. Der Durchmesser des Strahlenkegels, welcher aus der ersten Linse austritt, hat an der Stelle, wo er die zweite Linse trifft, einen Durchmesser von 1,92 Centimeter.

Da, wo der aus der zweiten Linse austretende Strahlenkegel die dritte Linse trifft, hat er einen Durchmesser von 1,103 Centimeter.

c. Der Winkel, unter welchem sich in $L$ die diametral gegenüber liegenden Randstrahlen treffen, ist $58^0 36'$.

## Chromatische Aberration.

139. $Fb = 1{,}9073$
$Ff = 1{,}8716$
$Fh = 1{,}8362.$

140. $Fb = 1{,}5930$
$Ff = 1{,}5425$
$Fh = 1{,}4903.$

141. $Fb = 3{,}8034$
$Ff = 3{,}7274$
$Fh = 3{,}6596.$

142. $Fb = 3{,}1860$
$Ff = 3{,}0850$
$Fh = 2{,}9806.$

4*

## Das Optometer.

143. a.

| Sehweite | Ausziehweite. |
|---|---|
| 4″ | 2,4″ |
| 6 | 3,00 |
| 8 | 3,42 |
| 10 | 3,75 |
| 15 | 4,28 |
| 20 | 4,61 |
| 30 | 5,00 |

b.

| Nummer des Glases. | Ausziehweite. |
|---|---|
| — 6 | 2,30″ |
| 8 | 2,55 |
| 10 | 2,73 |
| 15 | 3,00 |
| 25 | 3,26 |
| ∞ | 3,33 |
| + 40 | 4,13 |
| 30 | 4,28 |
| 20 | 4,61 |

## Genauere Bestimmung der Brechungsexponenten.

144. Für *Li α* $D = 48^0\ 1'$
$n = 1{,}3315$
Für *Na α* $D = 48^0\,36'$
$n = 1{,}3337$

145. $n = \frac{sin\,(57^0\,41{,}5')}{sin\,(29^0\,57{,}5')} = 1{,}69245.$

146. Für *Li α* $n = 1{,}61820$
„ *Na α* $n = 1{,}62417$
„ *Th α* $n = 1{,}62974.$

## Beugungserscheinungen.

147. Für rothes Licht $\lambda = 0{,}000644$ Millimeter.
Für blaues Licht $\lambda = 0{,}000429$ „

148. Zunächst ist das Licht, mit welchem man experimentirt, kein homogenes, dann aber läßt sich auch die Mitte der dunklen Streifen, für welche die Lichtstärke ein Minimum ist, nicht mit Schärfe angeben, weil diese Streifen eben keine scharfe Grenzen haben.

## Gitterspectra.

149. Durch das Hinzutreten einer zweiten Spalte entstehen unter den angegebenen Verhältnissen neue dunkle Streifen bei $^1/_6$, $^3/_6$, $^5/_6$ u. s. w. (wenn für eine einzelne Spalte der Abstand des ersten Minimums von der Mitte des Bildes mit 1 bezeichnet wird).

Für vier in den angegebenen Abständen von einander abstehende Spalten treten dann ferner noch dunkle Streifen auf bei $^1/_{12}$, $^3/_{12}$, $^5/_{12}$, $^7/_{12}$ u. s. w. Die übrig bleibenden verstärkten Maxima befinden sich aber bei $^1/_3$, $^2/_3$, $^4/_3$ u. s. w.

Nach diesen Angaben hat auch die Ausführung der verlangten Zeichnung keine Schwierigkeit mehr.

150. Für rothes Lithiumlicht ergiebt sich

$$x = 8^0\,36{,}5' \text{ und}$$

$$\lambda = 0{,}00029936'''.$$

151. Aus den Messungen der Lithiumlinie des zweiten Seitenspectrums ergiebt sich

$$\lambda = 0{,}0003000'''.$$

Im Mittel also

$$\lambda = 0{,}0002997''' = 0{,}0006736 \text{ Millim.}$$

152. Für das gelbe Natriumlicht ergiebt sich aus den Messungen

| | |
|---|---|
| der ersten Seitenspectra . . . | $\lambda = 0{,}0002626'''$ |
| „ zweiten „ . . . | $\lambda = 0{,}0002623$ |
| „ dritten „ . . . | $\lambda = 0{,}0002619$ |
| Im Mittel also | $\lambda = 0{,}00026227'''$ |
| oder | $\lambda = 0{,}0005918$ Millim. |

153. Wenn Oeffnung und Zwischenraum gleich groß sind, so findet sich, wie man auf Tab. IV. sieht, das erste Maximum bei $^1/_2$, das zweite bei $^3/_2$, also ist in diesem Fall der Abstand des zweiten Maximums von der Mitte dreimal größer als der Abstand des ersten; für das Nobert'sche Gitter erscheint aber das zweite Maximum in dem doppelten Abstand des ersten, also an einer Stelle, an welcher vollkommene

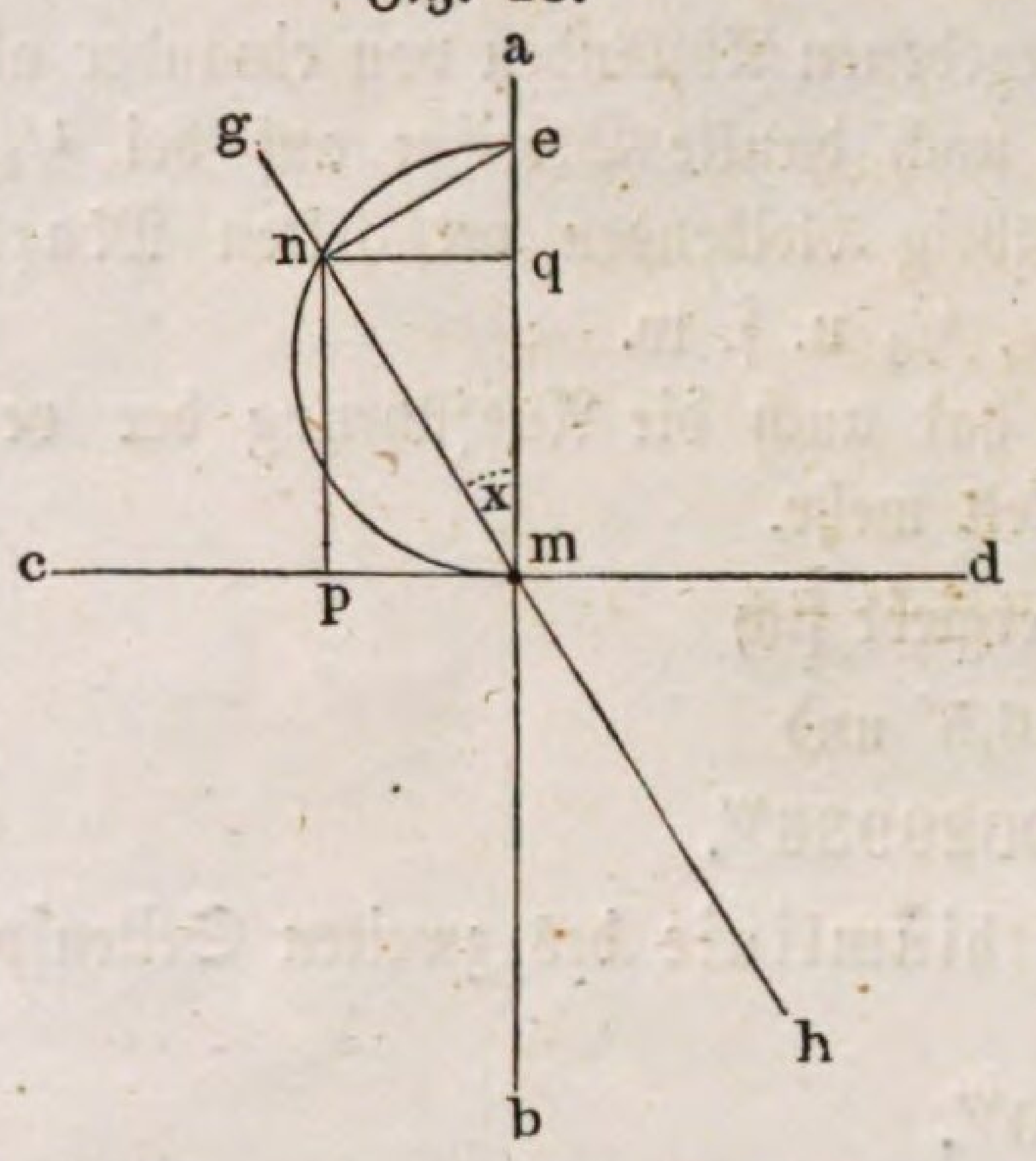
Dunkelheit sein müßte, wenn die Breite der Oeffnungen denen der Zwischenräume gleich wäre.

154. Wenn wir den Abstand des ersten Spectrums von der Mitte mit $a$ bezeichnen, so ist für ein Gitter, dessen Oeffnungen halb so breit sind als die Zwischenräume, der Abstand der folgenden Spectra der Reihe nach $2a$, $4a$ u. s. w. Da nun aber für das eben besprochene Nobert'sche Gitter das dritte Spectrum in dem Abstand $3a$ auftritt, so können wir daraus schließen, daß für dieses Gitter die Zwischenräume nicht doppelt so breit sind als die Oeffnungen.

## Chromatische Polarisation.

155. In Fig. 13 sei $ab$ die Schwingungsebene der einfallenden Strahlen, $cd$ die des Zerlegers und $gf$ die Schwingungsebene des einen Strahls im Gypsblättchen; ferner sei $me$ die Vibrationsintensität des einfallenden Strahls, so ist $mn$ diejenige des auf $gh$, und $mp$ diejenige des auf $cd$ reducirten Strahls.

Fig. 13.




Weil nun $mne$ ein rechter Winkel sein soll, so muß der Punkt $n$, welches auch die Lage der Schwingungsebene $gh$ sein mag, stets auf dem Umfang eines Halbkreises liegen, dessen Durchmesser $me$ ist. Nun aber ist $mp = nq$, d. h. gleich dem Perpendikel, welches von der Spitze des rechten Winkels bei $n$ auf die gegenüberstehende Hypotenuse $me$ gefällt wird. Das Perpendikel $nq$ erreicht aber sein Maximum, wenn $n$ um einen Viertelkreis von $e$ absteht, denn in diesem Fall ist das Perpendikel dem Radius des Kreises gleich. Wenn aber $n$ um einen Viertelkreis von $e$ absteht, so macht die Schwingungsebene $gh$ einen Winkel von 45° mit $ab$.

Bezeichnen wir die Länge $me$ mit $a$, den Winkel $gma$ mit $\alpha$ (statt mit $x$, wie in der Figur steht), so ist

$$mp = b = a \sin \alpha . \cos \alpha.$$

Für einen gegebenen Werth von $x$ wird aber der Werth von $J$ in Gleichung (2) Seite 216 ein Maximum, wenn $b$ ein Maximum wird, seinen größten Werth erlangt aber $b$, wie eben gezeigt wurde, wenn $\alpha = 45°$.

156. Wenn die Schwingungsebene des Zerlegers parallel ist mit den einfallenden Strahlen, so ergiebt sich für die Intensität des Strahls, welcher durch die Interferenz der beiden aus dem Gypsblättchen austretenden und auf die Schwingungsebene des Zerlegers reducirten Strahlen entsteht, der Werth

$$J' = 2\,b^2\left((1 + \cos 2\,\pi\,\frac{x}{\lambda}\right).$$

Bei unverändertem Werth von $b$ wird aber $J'$ gleich 0, wenn

$$x = {}^1\!/_2\,\lambda, \quad x = {}^3\!/_2\,\lambda, \quad x = {}^5\!/_2\,\lambda \text{ u. s. w.},$$

wenn es gerade eine solche Dicke hat, daß es bei gekreuzten Spiegeln in seiner größten Helligkeit erscheint; dagegen erscheint es zwischen parallelen Spiegeln am hellsten, wenn $J'$ ein Maximum wird und dies ist der Fall, wenn

$$x = 0, \quad x = \lambda, \quad x = 2\,\lambda \text{ u. s. w.},$$

wenn das Blättchen also gerade so dick ist, daß es zwischen gekreuzten Spiegeln dunkel erscheint.

Daraus geht aber hervor, daß die Färbung des Gypsblättchens zwischen parallelen Spiegeln c o m p l e m e n t ä r ist zu derjenigen, welche es zwischen gekreuzten Spiegeln zeigt.

## Viertes Buch.

# Die elektrischen Erscheinungen.

---

### Tragkraft der Stahlmagnete.

157.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P$ | 0,75 | 1 | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | Pfund. |
| $M$ | 10,4 | 12,6 | 20 | 36,8 | 58,9 | 107,7 | 171 | „ |

158. $P = 10{,}39$.

159. $a = 4{,}38$.

160. $P = 110{,}5$ Pfund.

161. $M = 52$ Pfund.

### Messung magnetischer Kräfte.

162. Im Verhältniß von 1 zu 1,96.

163. Die magnetischen Kräfte beider Nadeln verhalten sich wie $21^2$ zu $17^2$ oder wie 1 zu 2.

164. Die Zahlenangaben der 164sten Aufgabe sind unrichtig; die Aufgabe soll heißen: Wenn derselbe Magnetstab in 5 Minuten zu Wien 20, zu Panama aber 27 Schwingungen macht, in welchem Verhältniß steht die horizontale Intensität des Erdmagnetismus zu Wien und zu Panama?

Antwort: Wie $20^2 : 27^2$ oder wie 1 zu 1,82.

165. Der Stab wird in Christiania 17,6 Schwingungen in fünf, also 3,5 Schwingungen in einer Minute machen.

166. $f.0{,}342$; $f.0{,}643$; $f.0{,}866$; $f.0{,}985$.

## Bestimmung der Intensität des Erdmagnetismus.

167. $C = 2{,}313$ Gramm.

168. $K = 1435{,}7$ Gramm.

$C = 0{,}1498$ „

169. Setzt man die zusammengehörigen Werthe von $r$ und $v$ in die Gleichung $tang\, v = \frac{x}{r^3} + \frac{y}{r^5}$ auf Seite 226, so kommt

$$0{,}0874887 = \frac{x}{0{,}45^3} + \frac{y}{0{,}45^5}$$

$$0{,}187145 = \frac{x}{0{,}35^3} + \frac{y}{0{,}035^5}$$

$$0{,}294316 = \frac{x}{0{,}30^3} + \frac{y}{0{,}30^5}.$$

Aus der Combination der ersten und zweiten dieser Gleichungen ergiebt sich

$$x = 0{,}007893,$$

aus der Combination der ersten und dritten

$$x = 0{,}007993,$$

aus der Combination der zweiten und dritten aber

$$x = 0{,}008239.$$

Es ergiebt sich demnach als Mittel für den Grenzwerth von $r^3$ $tang\, v$, also für das reducirte Drehungsmoment

$$r^3\, tang\, v = 0{,}008008.$$

Für $y$ finden wir, wenn wir weitere Decimalstellen unberücksichtigt lassen,

$$y = 0{,}000002.$$

Wäre der Mittelpunkt des Stabes vom Mittelpunkt der Nadel gleich 1 Meter, so hätte man

$$tang\, v = 0{,}008008 + 0{,}000002 = 0{,}00801,$$

also einen Werth, welcher bereits vom reducirten Drehungsmoment nicht merklich verschieden ist. Der zu der Tangente 0,00801 gehörige Winkel ist 27′ 30″, d. h. wenn der fragliche Magnetstab in der angegebenen Lage 1 Meter östlich oder westlich von der Bussole angebracht würde, so würde er noch eine Ablenkung von 27′ 30″ hervorbringen.

170. Für die in Fig. 190 dargestellte Lage sind die Factoren $x$ und $y$ halb so groß als für die in der vorigen Aufgabe betrachtete Lage, wir haben also für den hier zu betrachtenden Fall

$$tang\, v = \frac{0{,}004004}{r^3} + \frac{0{,}000001}{r^3},$$

für $r = 0{,}4$, für $r = 0{,}5$ und für $r = 1$ haben wir also

$$tang\, v = \frac{0{,}004004}{0{,}064} + \frac{0{,}00001}{0{,}01024} = 0{,}062597$$

$$tang\, v = \frac{0{,}004004}{0{,}125} + \frac{0{,}000001}{0{,}03125} = 0{,}032064$$

$$tang\, v = 0{,}004004 + 0{,}000001 = 0{,}004005.$$

In dem Abstand von 0,4 Metern wird der Magnetstab also eine Ablenkung von $3^0\ 34'\ 54''$, in der Entfernung von 0,5 Metern wird er eine Ablenkung von $1^0\ 50'\ 12''$, in der Entfernung von 1 Meter endlich aber nur eine Ablenkung von $13'\ 46''$ hervorbringen.

Das reducirte Drehungsmoment ist für diesen Fall

$$r^3\, tang\, v = 0{,}004004.$$

171. Für unsern Fall haben wir

$$\frac{M}{T} = 0{,}004004,$$

wenn $M$ und $T$ die auf Seite 240 und 241 besprochene Bedeutung haben.

172. Nach der Auflösung der 168sten Aufgabe haben wir

$$T . M = C = 0{,}1498;$$

combiniren wir diese Gleichung mit der als Resultat der vorigen Aufgabe enthaltenen

$$\frac{M}{T} = 0{,}004004,$$

so kommt

$$M = 0{,}02449$$
$$T = 6{,}1165.$$

173. Nach der auf Seite 242 definirten Einheit ist die Stärke des in unserm Magnetstab entwickelten freien Magnetismus 0,02249. Wäre in diesem Stab die Einheit des freien Magnetismus entwickelt, so würde der Erdmagnetismus zu Freiburg diesen Stab, wenn er rechtwinkelig zum magnetischen Meridian steht, mit einer Kraft zu drehen streben, deren statisches Moment gleich ist dem Druck von 6,1165 Grammen, welcher an einen Hebelarm von 1 Centimeter angreift.

174. Um den Werth von $T$ auf absolutes Maaß zu reduciren, muß man ihn multipliciren mit $\frac{\sqrt{9800}}{100\sqrt{10}} = 0{,}31305$. Demnach ist die horizontale Intensität des Erdmagnetismus zu Freiburg nach absolutem Maaß

$$T = 1{,}915.$$

175. Nach §. 188 des Grundrisses ist

$$T = J . \cos i,$$

wenn wir mit $T$ die Horizontale, mit $J$ die ganze Intensität, mit $i$ aber die Inclination bezeichnen.

Es ist also

$$J = \frac{T}{\cos i},$$

im unserm Falle also

$$J = \frac{6{,}1165}{\cos 65^0\ 30'} = 14{,}75.$$

## Sättigungspunkt.

176. a. Das Gewicht des Stabes ist nahezu $P = 10{,}76$ Loth. Die Länge desselben ist nahezu $L = 3{,}9$ Zoll. Die Schwingungsdauer ist $T = 9{,}836$ Secunden. Danach ergiebt sich

$$c = 3{,}557.$$

b. $T = 2{,}35 \sqrt[3]{10{,}76}\ \sqrt[6]{3{,}9} = 6{,}4$ Secunden.

177. $T = 2{,}35 \sqrt[3]{25{,}6}\ \sqrt[6]{11} = 10{,}33$ Secunden.

178. $c = 2{,}557.$

## Gesetze der Wärmeentwickelung durch den Entladungsschlag der Batterie.

179. $h = 91.$

180. $q^2 = 312;\ q = 17.$

181. $H_1 = 0{,}88\ \frac{Q^2}{1};\ H_2 = 0{,}88\ \frac{4\,Q^2}{2};\ H_3 = 0{,}88\ \frac{9\,Q^2}{3}$ ꝛc.

$$H_n = 0{,}88\ \frac{n^2\,Q^2}{n} = 0{,}88\,n Q^2.$$

182. Die $n$fache Ladung auf $n$ Flaschen vertheilt, bringt caeteris paribus eine $n$mal stärkere Depression des Luftthermometers hervor, als die einfache in einer Flasche enthaltene Ladung.

183. Der specifische Leitungswiderstand des Kupfers verhält sich zu dem des Eisens wie 35 zu 200, oder wie 1 zu 5,7.

## Zweckmäßigste Combination rheomotorischer Becher.

184. Der Leitungswiderstand des Drahtes ist $\frac{240}{9} = 27$ (wenn man Decimalstellen unberücksichtigt läßt).

Wenn wir die Bezeichnung des §. 87 beibehalten, haben wir also

$$n = 12, \quad r = 6{,}2, \quad l = 27,$$

also nach der entsprechenden Gleichung auf Seite 263

$$s = \sqrt{\frac{27 \cdot 12}{6{,}2}} = 7{,}2,$$

da ferner $t \cdot s = 12$ sein soll, so ergiebt sich

$$t = 1{,}66.$$

Da aber gebrochene Werthe von $t$ und $s$ der Bedingung der Aufgabe nicht genügen, so hat man die nächsten ganzen Werthe zu nehmen. Für $t = 2$ ergiebt sich dann $s = 6$. Es sind also im vorliegenden Falle die 12 Becher zu einer Säule von 6 Doppelbechern zu combiniren.

185. $s = 4{,}5$ und $t = 2{,}7$. Es sind also die gegebenen 12 Becher zu einer Säule von 4 dreifachen Bechern zu combiniren.

186. Auch hier hat man die 12 Becher zu einer Säule von 4 dreifachen Bechern zu combiniren.

187. Man muß eine Säule von 6 einfachen Bechern anwenden.

## Wärmeentwickelung durch den galvanischen Strom.

188. $c = 3{,}52$ Wärmeeinheiten.

189. $c = 20{,}6$ „

190. $c = 15{,}5$ „

## Galvanisches Glühen.

191. $s = 86$.

192. $s = 162$.

193. a. Die zu verwendenden $n$ Becher seien zu einer Säule von $s$ $t$fachen Bechern verbunden, so ist der Widerstand dieser Säule

$$w = \frac{s}{t} \cdot 5$$

und die Stromstärke, welche sie liefert,

$$S = \frac{s \cdot 800}{w + l},$$

wenn $l$ den Widerstand im Schließungsbogen bezeichnet. Für $l$ haben wir in unserm Fall

$$l = \frac{0{,}2}{1{,}44} \cdot 12 \cdot 5{,}88 = 9{,}79$$

oder in runder Zahl $l = 10$.

Wenn die gegebene Becherzahl ein Maximum des Effects liefern soll, so muß $w = l$, also $w = 10$ sein. Da nun die erforderliche Stromstärke $S = 162$ ist, so haben wir

$$162 = \frac{s \cdot 800}{20},$$

daraus $s = 4{,}05$

und danach $t = 2{,}02$.

Es ist also eine Säule von 4 Doppelbechern anzuwenden.

b. Es ist eine Säule von 10 Doppelbechern anzuwenden.

c. 20 Doppelbecher.

194\. a. $s = 9{,}5$,
$t = 0{,}8$,
also eine Säule von 10 einfachen Bechern.

b. $s = 23{,}8$,
$t = 0{,}8$.
Eine Säule von 24 einfachen Bechern.

c. $s = 47{,}6$
$t = 0{,}8$.
Eine Säule von 48 einfachen Bechern.

195\. a. Die Zahl $s$ ergiebt sich gleich der in den entsprechenden Fällen der 193sten Aufgabe, während $t = 4$ ist.

b. $\alpha$. $s = 7$, $t = 8$, also 56 Becher.

$\beta$. Man muß 136 Becher zu einer Säule von 17 achtfachen Bechern combiniren.

$\gamma$. Man muß 272 Becher zu einer Säule von 34 achtfachen Bechern combiniren.

196\. Die nöthige Stromstärke ist 215. Um sie zu erhalten, hat man eine Säule von 8 dreifachen Stöhrer'schen Bechern nöthig.

197\. Die zum Glühen nöthige Stromstärke ist 135. Der Leitungswiderstand des glühenden Drahtes gleich 7 gesetzt, ist die mit der gegebenen Säule zu erlangende Stromstärke 130. Der Draht wird also schwach rothglühend werden.

198\. Die erforderliche Stromstärke ist 405, die mit der gegebenen Säule erreichbare ist 156, ein Glühen des Drahtes also nicht möglich.

199\. Die erforderliche Stromstärke ist 135; die Säule kann unter den gegebenen Umständen nur die Stromstärke 101 liefern, der Draht wird also nicht glühend.

200\. Die erforderliche Stromstärke ist 405, die Stromstärke, welche der elektromotorische Apparat unter den angegebenen Umständen hervorzubringen vermag, ist 493, der Draht wird also glühend.

## Das elektrolytische Gesetz.

201. Das Aequivalent für 30 Cubikcentimeter Knallgas ist 56,33 Milligramm Zink. In einer Stunde werden also in der Batterie consumirt

56,33.40.60 Milligramm oder

135,2 Gramm Zink.

202. In der Minute wird niedergeschlagen

$^1/_{90}$ Gramm Kupfer,

diesem Kupferniederschlag sind äquivalent

3,17 Milligramm Knallgas,

welche das Volumen

6,09 Cubikcentimeter einnehmen.

Die Stromstärke ist also 6,09.

203. Die erforderliche Stromstärke ist 26,78.

## Elektromagnetismus.

(In der Formel 1 auf Seite 274 muß der Divisor von $M$ heißen 81390 $d^2$ und so ist in allen folgenden Rechnungen 81390 zu setzen, wo 8139 steht.)

204. Die zusammengehörigen Werthe des absoluten magnetischen Maximums $M$ und des Stabdurchmessers $d$ sind:

| $d$. | $M$. |
|---|---|
| 3 . . . . | 65925900 |
| 6 . . . . | 263703600 |
| 10 . . . . | 732510000 |
| 15 . . . . | 1648147500 |
| 20 . . . . | 2930040000 |
| 30 . . . . | 6592590000 |
| 50 . . . . | 18312750000. |

Werden diese Zahlen mit der Intensität des Erdmagnetismus (für Freiburg 1,9 oder in runder Zahl 2) multiplicirt, so erhält man in absolutem Maaß ausgedrückt, die Kraft, mit welcher der Erdmagnetismus 1 Millimeter weit vom Drehpunkt angreifend den Stab zu drehen strebt, wenn seine Axe rechtwinklig auf dem magnetischen Meridian liegt.

Dividirt man die so erhaltenen Drehungsmomente durch 9800, ferner durch 1000 und durch 10, so erhält man in Grammen ausgedrückt die Kraft, mit welcher an einem Hebelarm von ein Centimeter angreifend, der Erdmagnetismus den bis zum Maximum mag-

netisirten Stab zu drehen strebt, wenn er bei horizontaler Lage rechtwinklig auf dem magnetischen Meridian steht. Die zusammengehörigen Werthe von des Stabdurchmessers $d$ und des auf diese Einheiten bezogenen Drehungsmomentes sind:

| $d$. | $D$. |
|---|---|
| 3 . . . . . . . . | 1,34 |
| 6 . . . . . . . . | 5,38 |
| 10 . . . . . . . . | 14,95 |
| 15 . . . . . . . . | 33,63 |
| 20 . . . . . . . . | 59,79 |
| 30 . . . . . . . . | 134,54 |
| 50 . . . . . . . . | 373,73 |

205. Die Lösung der Aufgabe ist in folgender Tabelle enthalten.

| $d$. | 0,9. | 0,5. | 0,3. | 0,1. |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 9,6 | 1,5 | 0,8 | 0,24 |
| 6 | 27,2 | 6,3 | 2,2 | 0,68 |
| 10 | 58,6 | 9,3 | 4,7 | 1,47 |
| 20 | 165,8 | 26,2 | 13,4 | 4,15 |
| 50 | 655,3 | 103,8 | 52,8 | 16,47. |

206. Für einen Stab von 3 Millimeter Dicke wird Gleichung 1:

$$780 . s = 229 . 5{,}2 \, tang \frac{M}{81390 . 9}$$

oder:

$$0{,}6549 . s = tang \frac{M}{81390 . 9} .$$

Für die Stromstärke $s = 3$ ergiebt sich:

$$1{,}9647 = tang \, 63^0 = tang \frac{M}{81390 . 9},$$

$$\frac{M}{81390 . 9} = 63,$$

$$M = 46 \text{ Millionen.}$$

In gleicher Weise ergeben sich für den 3 Millimeter dicken Eisenstab folgende zusammengehörige Werthe der Stromstärke $s$ und des Stabmagnetismus $M$:

| $s$. | $M$. |
|---|---|
| 3 . . . . . . . . | 46 |
| 10 . . . . . . . . | 59 |
| 20 . . . . . . . . | 62 |
| 50 . . . . . . . . | 64 |

wenn man die sechs letzten Stellen des Werthes von *M* wegläßt.

Für einen 10 Millimeter dicken Eisenstab ergeben sich folgende zusammengehörige Werthe von *s* und *M*:

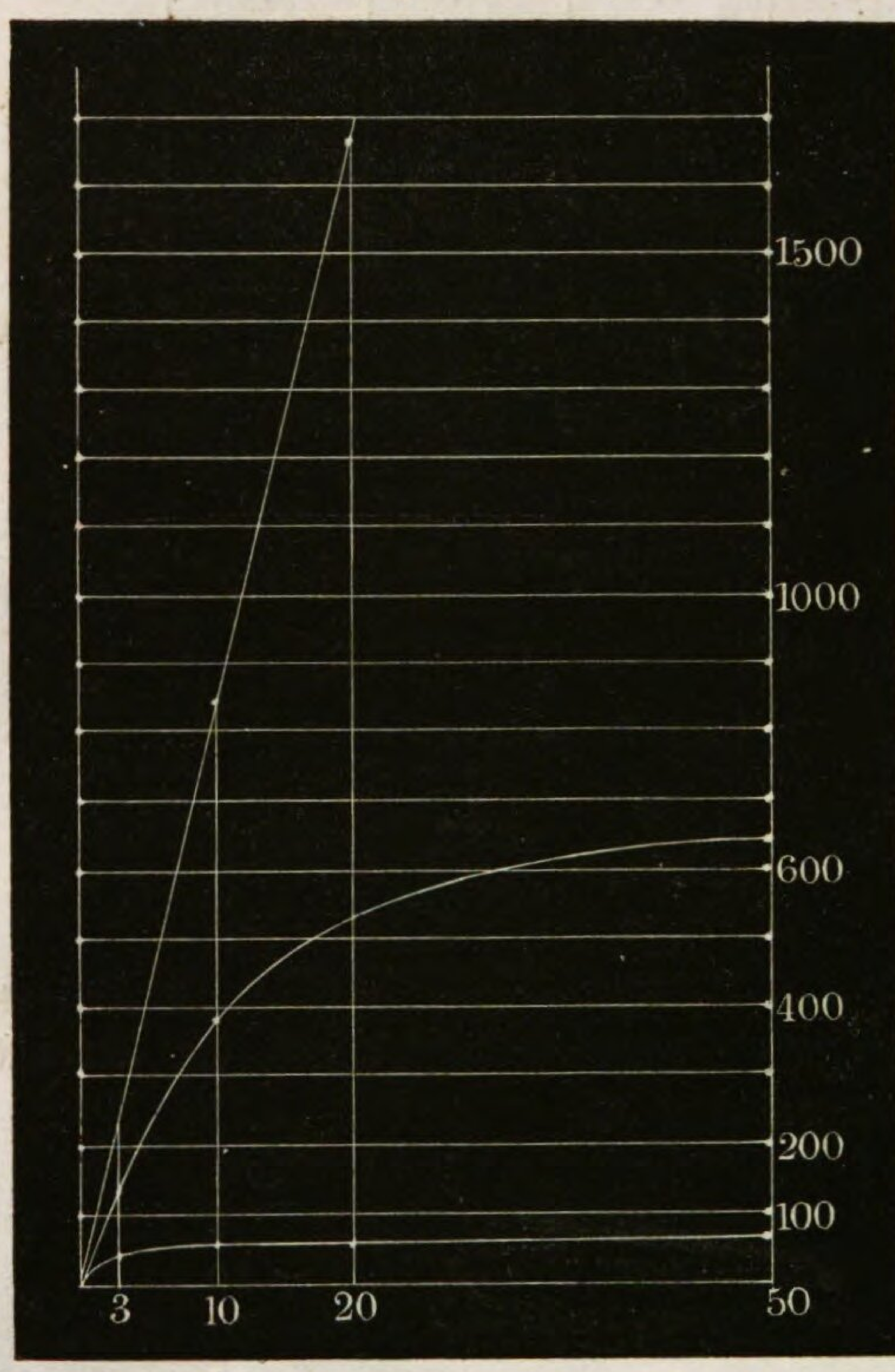
| s. | M. |
|---|---|
| 3 ...... | 146 |
| 10 ...... | 383 |
| 20 ...... | 529 |
| 50 ...... | 647. |

Für einen 30 Millimeter dicken Eisenstab ergeben sich:

| s. | M. |
|---|---|
| 3 ...... | 256 |
| 10 ...... | 857 |
| 20 ...... | 1650 |
| 50 ...... | 3370. |

Nach diesen Zahlen sind die Curven Fig. 14 construirt.

Fig. 14.



Der in Gleichung (1) Seite 274 vorkommende Druckfehler zieht sich auch noch bis in Gleichung (4) Seite 275 durch, dem Divisor von $M$ fehlt nämlich eine 0; in Gleichung (4) muß es heißen:

$$\frac{M}{1600\,d^2} \text{ statt } \frac{M}{160\,d^2}.$$

207. Der Werth von $M$ ist zu berechnen aus der Gleichung:

$$\frac{M}{1600 \,.\, 20\,d^2} = 90,$$

oder

$$M = 90 \,.\, 1600 \,.\, 20 \,.\, d^2.$$

Danach ergiebt sich für:

| d. | M. |
|---|---|
| 2 | 11 520 000 |
| 5 | 72 000 000 |
| 10 | 288 000 000 |
| 20 | 1 152 000 000. |

208. Die Lösung dieser Aufgabe ist in folgender Tabelle enthalten:

| d. | 1/2. | 1/3. | 1/4. |
|---|---|---|---|
| 2 | 9,4 | 5,4 | 3,9 |
| 5 | 37,3 | 21,5 | 15,4 |
| 20 | 298 | 172 | 124 |

209. Für den 2 Millimeter dicken Stab:

| s. | M. |
|---|---|
| 4 | 2 944 000 |
| 8 | 5 174 000 |
| 16 | 7 629 000 |
| 32 | 9 421 000. |

Für den 5 Millimeter dicken Stab:

| s. | M. |
|---|---|
| 4 | 4 980 000 |
| 8 | 9 760 000 |
| 16 | 18 800 000 |
| 32 | 32 800 000. |

Für den 20 Millimeter dicken Stab:

| *s.* | *M.* |
|---|---|
| 4 | 15 360 000 |
| 8 | 30 720 000 |
| 16 | 61 440 000 |
| 32 | 122 240 000. |

210. a.

| *d.* | *M.* |
|---|---|
| 2 | 5 760 000 |
| 5 | 36 000 000 |
| 10 | 194 000 000 |
| 20 | 576 000 000. |

b.

| *d.* | $^1/_2$. | $^1/_3$. | $^1/_4$. |
|---|---|---|---|
| 2 | 23 | 14 | 10 |
| 5 | 98 | 56 | 41 |
| 20 | 800 | 454 | 329 |

c. Für den 2 Millimeter dicken Stab:

| *s.* | *M.* |
|---|---|
| 4 | 582 400 |
| 8 | 1 146 000 |
| 16 | 2 086 400 |
| 32 | 3 328 000. |

Für den 5 Millimeter dicken Stab:

| *s.* | *M.* |
|---|---|
| 4 | 1 100 000 |
| 8 | 2 200 000 |
| 16 | 4 360 000 |
| 32 | 8 320 000. |

## Fünftes Buch.

# Von der Wärme.

---

### Ungleichförmige Ausdehnung der Flüssigkeiten.

211. Für die Temperaturen ist das Volumen des Weingeistes:

| | |
|---|---|
| 0° | 1 |
| 10 | 1,01051 |
| 20 | 1,02128 |
| 30 | 1,03242 |
| 40 | 1,04403 |
| 50 | 1,05623 |
| 60 | 1,06911 |
| 80 | 1,09735. |

212. Das Volumen einer gegebenen Masse Olivenöl bei 0° C. gleich 1 gesetzt, ist das Volumen derselben bei:

| | | |
|---|---|---|
| 20° | gleich | 1,01587 |
| 40 | „ | 1,03149 |
| 60 | „ | 1,04756 |
| 80 | „ | 1,06383 |
| 100 | „ | 1,07835. |

213. Das Volumen einer gegebenen Masse von Terpentinöl bei 0° C. gleich 1 gesetzt, ist das Volumen derselben bei:

| | |
|---|---|
| 30° | 1,02851 |
| 60 | 1,06010 |
| 90 | 1,09362. |

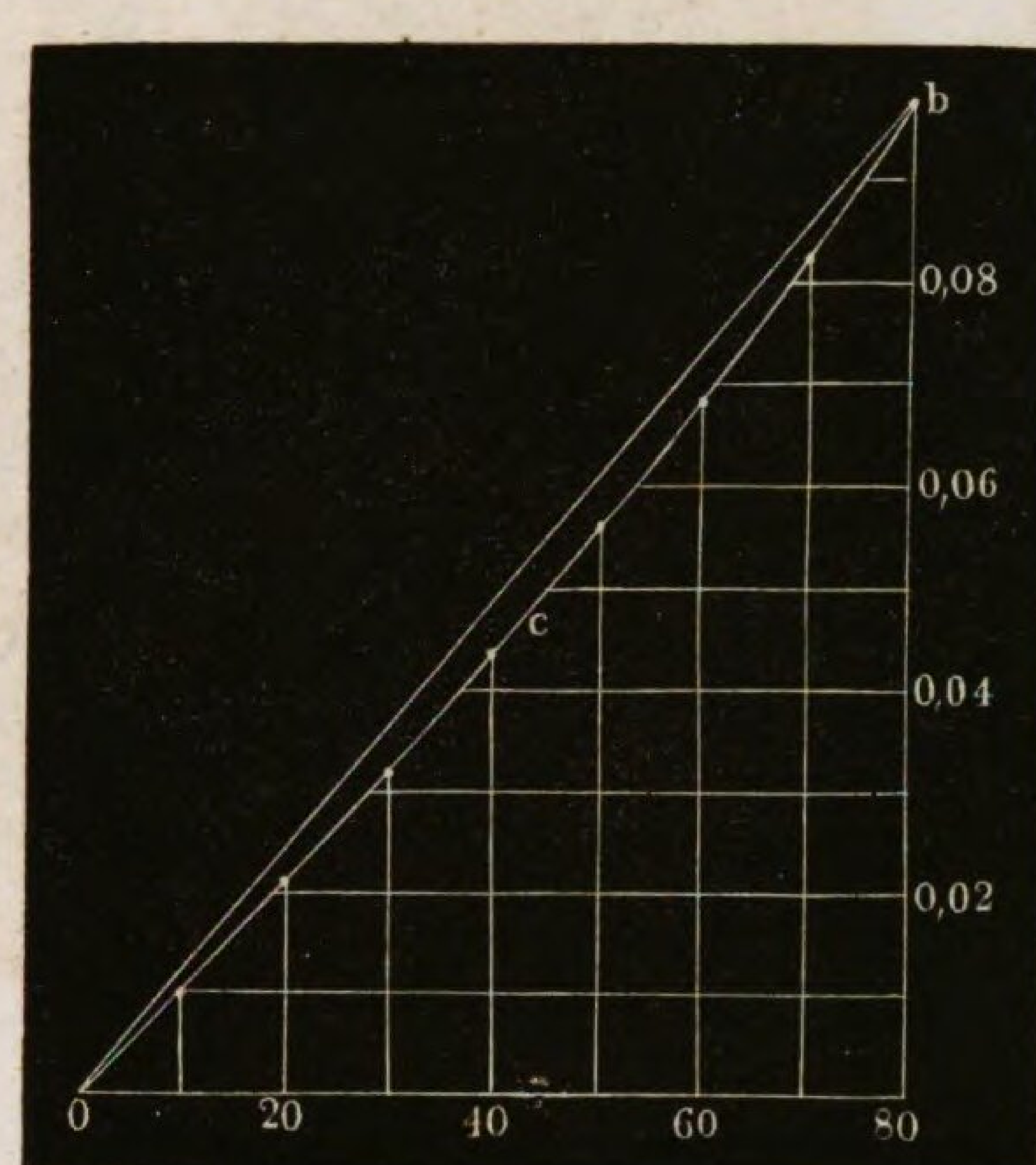
214. Bei gleichförmiger Ausdehnung des Weingeistes wäre der Ausdehnungscoëfficient:

$$a = 0{,}00122419,$$

danach würde das Volumen sein bei:

| | |
|---|---|
| $10^0$ | 1,0122419 |
| 20 | 1,0244838 |
| 30 | 1,0367257 |
| 40 | 1,0489676 |
| 50 | 1,0612095 |
| 60 | 1,0734514 |
| 70 | 1,0856933 |
| 80 | 1,0979350. |

Fig. 15.




Die Curve *ocb*, Fig. 15, stellt die nach den Zahlenresultaten der 211ten Aufgabe construirte Ausdehnungscurve des Weingeistes dar, während die zwischen *o* und *b* gezogene gerade Linie einer gleichförmigen Ausdehnung entspricht.

215 u. 216. Die Construction muß in etwas größerem Maaßstabe ausgeführt werden, wenn die Abweichung der Ausdehnungscurve von der geraden Linie merklich sein soll.

## Dichtigkeitsmaximum des Wassers.

217. In Fig. 16 stellt *abc* die Curve der scheinbaren Ausdehnung des Wassers dar.

Der Schüler führe diese Constructionen in größerem Maaßstabe aus.

218. Die folgende Tabelle enthält die Zunahme des Volumens des Ballons für die beigesetzte Temperaturerhöhung:

| | | |
|---|---|---|
| $2^0$ | 0,052832 | Cubikcentimeter. |
| 4 | 0,105664 | „ |
| 6 | 0,158496 | „ |
| 8 | 0,211328 | „ |
| 12 | 0,316992 | „ |
| 16 | 0,422656 | „ |

Der Gipfel der Wassersäule würde demnach ohne die Ausdehnung des Glasgefäßes in der Röhre höher stehen bei:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $2^0$ | um | 4,47 | Centimeter. |
| 4 | „ | 8,95 | „ |
| 6 | „ | 13,43 | „ |
| 8 | „ | 17,90 | „ |
| 12 | „ | 26,96 | „ |
| 16 | „ | 35,91 | „ |

219. Nach diesen Zahlen ist die Curve *adf* in Fig. 16 construirt, aus

Fig. 16.

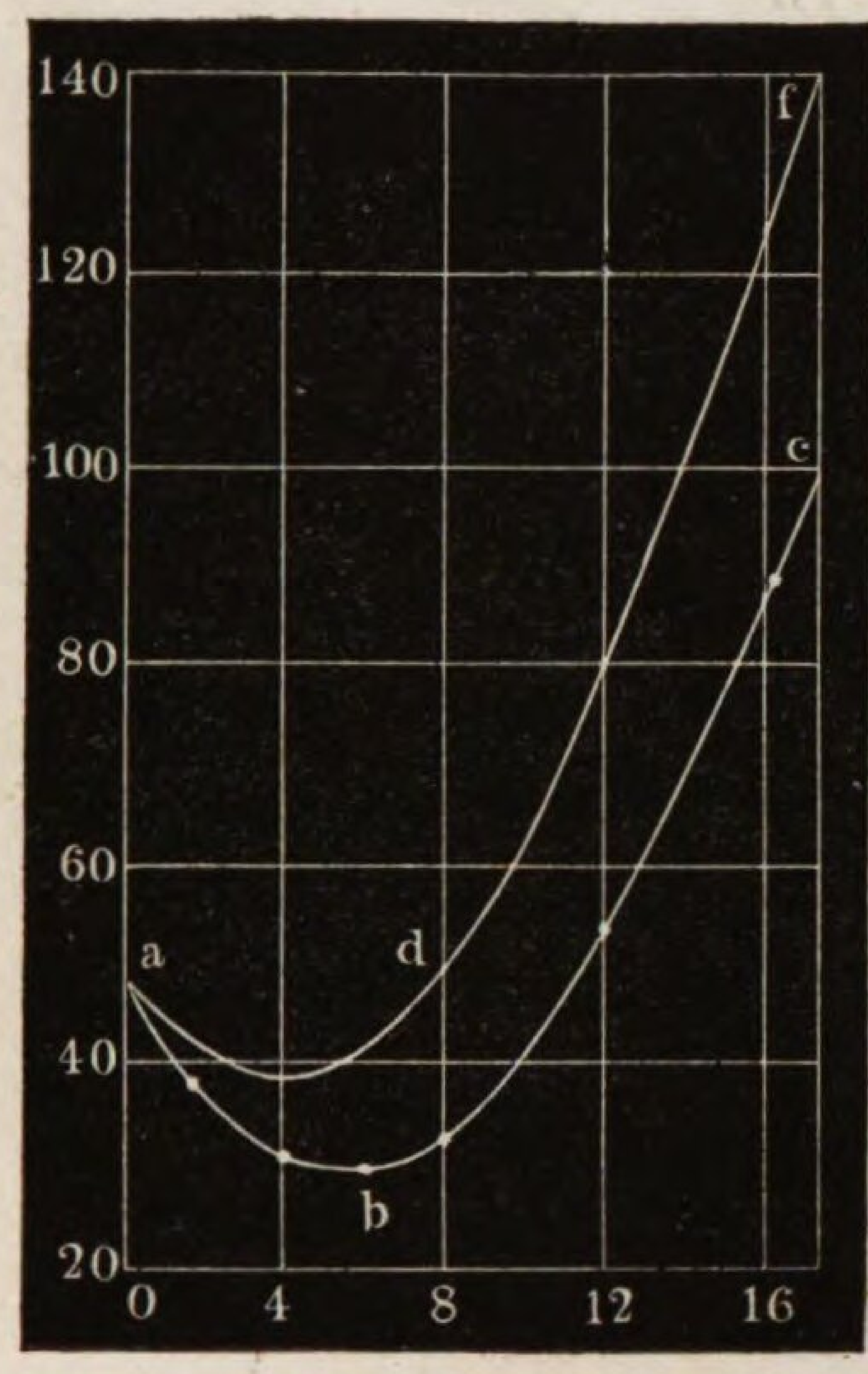
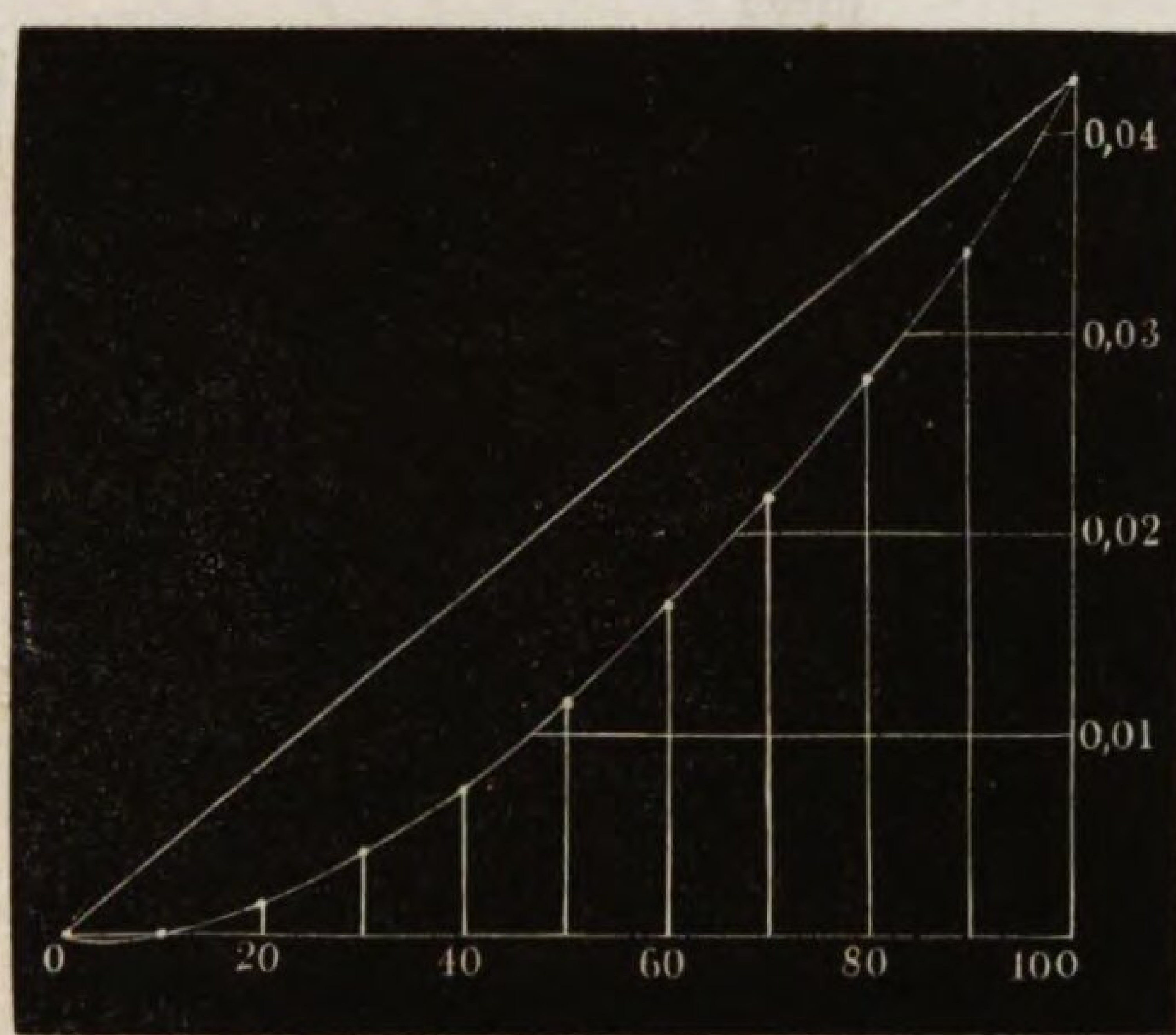



Fig. 17.




welcher man ersieht, daß das Dichtigkeitsmaximum des Wassers bei einer Temperatur von $4^0$ C. stattfindet.

220. Fig. 17 enthält die Lösung der vierten Aufgabe.

## Ausdehnungscoëfficient der Luft.

221. Bezeichnen wir mit $v$ das Volumen der Luft, welche das Gefäß bei $100^0$ ausfüllte, nachdem dieselbe auf $0^0$ erkaltet worden ist, mit $V$ das Volumen derselben Luftmenge bei $100^0$, also den Inhalt des ganzen Gefäßes, so haben wir:

$$v : V = 173{,}443 - 41{,}722 : 173{,}443,$$

$$v : V = 131{,}721 : 173{,}443,$$

daraus:

$$v = V \frac{131{,}72}{173{,}443}.$$

Der Druck, welchem die im Gefäß zurückgebliebene Luft nach dem Eindringen des Quecksilbers ausgesetzt war, betrug 775,8 — 38,1, also 737,7 Millimeter; hätte sie unter demselben Druck gestanden wie beim Zuschmelzen der Röhre, also unter dem Druck 763 Millimeter, so wäre ihr Volumen $v'$ gewesen:

$$v' = v \frac{737{,}7}{763},$$

oder wenn wir für $v$ seinen obigen Werth setzen:

$$v' = V \frac{131{,}721}{173{,}443} \cdot \frac{737{,}7}{763}$$

also:

$$V = v' \frac{173{,}443}{131{,}721} \cdot \frac{763}{737{,}7}$$

$$V = v' . 1{,}362$$

und wenn wir $v' = 1$ setzen:

$$V = 1{,}362.$$

Der Ausdehnungscoëfficient der Luft (von 0° bis 100° C.) wäre demnach 0,362, wozu aber noch wegen der Ausdehnung des Glasgefäßes 0,002 zu addiren ist. Der Ausdehnungscoëfficient der Luft ist also nach diesen Versuchen:

$$a = 0{,}364.$$

222. Zur Berechnung des Ausdehnungscoëfficienten der Luft ergiebt sich die Formel:

$$a = \frac{P}{P-p} \cdot \frac{b}{b'-h} - 1 + 0{,}002.$$

## Bestimmung des specifischen Gewichts der Luft.

223. Es sind $\frac{5}{754}$ der ursprünglich in dem Ballon enthaltenen Luft in demselben zurückgeblieben, also $\frac{749}{754}$ sind ausgepumpt.

Die ausgepumpte Luft wiegt 12,01 Gramm, die ganze ursprünglich im Ballon enthaltene Luft wog also:

$$12{,}01 \cdot \frac{754}{749} \text{ Gramm.}$$

Diese Luftmasse stand unter einem Barometerstand von 754 Millimeter. Bei 760 Millimeter Barometerstand würde die Luft im Ballon

$$12{,}01 \frac{760}{749} \text{ Gramm}$$

gewogen haben. Bei einer Temperaturerniedrigung von 18° auf 0° C. würde sich das Gewicht der Luft, welche den Ballon füllt, gesteigert haben auf:

$$12{,}01\,\frac{760}{749}\,(1 + 18.0{,}00365) = 12{,}01\,\frac{760}{749}\cdot 1{,}0659,$$

also auf:

12,99 Gramm.

Dividiren wir dieses Gewicht durch das in Cubikcentimetern ausgedrückte Volumen des Ballons, also durch 10000, so ergiebt sich als specifisches Gewicht der Luft bei 0° C. und 760 Millimeter Barometerstand:

0,001299.

224. Ein Cubikdecimeter trockner Luft bei 0° C. und einem Barometerstand von 760 Millimeter wiegt 1,299 Gramm.

225.

| $t.$ | $p.$ |
|---|---|
| 20 . . . . . | 1,210 Gramm. |
| 40 . . . . . | 1,133 „ |
| 60 . . . . . | 1,065 „ |
| 100 . . . . . | 0,950 „ |
| 150 . . . . . | 0,838 „ |
| 200 . . . . . | 0,750 „ |

226. $s = \frac{n.760}{v\,(b - h)}\,(1 + at),$

vorausgesetzt, daß das Volumen $v$ in Cubikcentimetern ausgedrückt ist.

## Bestimmung des specifischen Gewichts der Dämpfe.

227. Für den gegebenen Fall ist:

$$P = 19{,}745 - 19{,}515 = 0{,}23 \text{ Gramm.}$$

$$V = 160.$$

(Nicht 60, wie durch einen Druckfehler in der Aufgabe steht.)

$$n = 0{,}001299\,\frac{752{,}3}{760}\cdot\frac{1}{1 + 0{,}00365.10} = 0{,}00124 \text{ Gr.}$$

$$Vn = 160.0{,}00124 = 0{,}1984 \text{ Gramm.}$$

$$P + Vn = 0{,}4284.$$

Ferner ist:

$$n' = 0{,}001299\,\frac{753{,}4}{760}\cdot\frac{1}{1 + 0{,}00365.60} = 0{,}0010564 \text{ Gramm}$$

und $Vn' = 0{,}169,$

also endlich für das specifische Gewicht des Aetherdampfs:

$$s = \frac{0{,}4284}{0{,}169} = 2{,}53.$$

227 a. $S = 2{,}39$.

227 b. $S = 2{,}36$.

227 c. $S = 2{,}37$.

Nach möglichst genauen Versuchen unter Anbringung aller nöthigen Correctionen ergiebt sich $S = 2{,}64$. Wenn die obigen drei Versuche sämmtlich namhaft kleinere Werthe von $S$ liefern, so liegt der Grund höchst wahrscheinlich darin, daß der verwendete Schwefelkohlenstoff nicht frisch dargestellt, sondern öfters schon mit Wasser in Berührung und deshalb etwas wasserhaltig war.

## Expansions-Dampfmaschinen.

NB. Auf Seite 310 des Supplementbandes, Zeile 2 von unten, ist die Bedeutung von $a$ nicht richtig definirt; $a$ ist nämlich die Zahl, welche angiebt, wie oft $1/_{10}$ der vom Kolben mit vollem Dampfdruck durchlaufenen Länge in der Länge des ganzen Kolbenhubs enthalten ist. In den folgenden Aufgaben ist dagegen der Zahlenwerth von $a$ jedesmal richtig angegeben.

228. Wenn man für $V$ den Werth 384 setzt, welcher nach den Angaben auf Seite 25 der Spannkraft von 5 Atmosphären entspricht, so ergiebt sich nach Gleichung (6) Seite 291

$$E = 10{,}33 \,.\, 5 \,.\, 384 \,.\, 1{,}7187 = 34088 \text{ Meterkilogramm},$$

da für den gegebenen Fall

$$N = 1/_{10} + 1/_{11} + 1/_{12} \cdots + 1/_{19} = 0{,}7187.$$

229. Man findet $N = 1{,}1326$, also

$$E = 20267 \,.\, 2{,}1326 = 43222 \text{ Kilogrammometer}.$$

230. $E = 20267 \,.\, 2{,}4245 = 49137$ Kilogrammometer.

231. Die Bedingungen dieser Aufgabe sind unvollständig; um sie lösen zu können, bedarf es noch der Angabe, während welcher Zeit die fraglichen Maschinen eine gegebene Wassermasse consumiren.

Wir wollen nun die Aufgabe dahin ergänzen, daß jede der in den drei letzten Aufgaben besprochenen Maschinen 1 Kilogramm Wasser in 1 Minute verzehrt, so ergiebt sich der absolute Effect

der in Nro. 227 besprochenen Maschine $\frac{34088}{4500} = 7{,}6$ Pferdekräfte,

der in Nro. 228 besprochenen Maschine $\frac{43222}{4500} = 9{,}6$ „

der in Nro. 229 besprochenen Maschine $\frac{49137}{4500} = 10{,}9$ „

da die Arbeit einer Pferdekraft gleich $75 \,.\, 60 = 4500$ Kilogrammometern in 1 Minute ist.

## Abhängigkeit des Siedepunkts vom Druck.

232. Der wahre Siedepunkt liegt 1,26 Millimeter über dem markirten.
233. Der wahre Siedepunkt liegt 0,84 Millimeter unter dem markirten.

## Physikalische Gesetze, welche durch algebraische Gleichungen ausgedrückt werden.

234. 1. Bei unverändertem specifischem Gewichte ist das absolute Gewicht eines Körpers seinem Volumen proportional (Gl. 5 auf S. 9 d. Gr., wo $P$ für $y$ und $V$ für $x$ steht).

2. Die absolute Festigkeit eines Stabes oder Drahtes ist seinem Querschnitt proportional (Gl. auf S. 58 d. Gr.).

3. In einer hydraulischen Presse ist die Kraft, mit welcher der große Kolben gehoben wird, caeteris paribus seinem Querschnitt proportional.

4. In einem mit Wasser gefüllten Gefäße ist der Druck, welchen der horizontale Boden auszuhalten hat, seiner Tiefe unter dem Wasserspiegel proportional (Gl. 2 auf S. 70).

5. Die Schwingungsdauer eines tönenden Körpers ist der Wellenlänge des erzeugten Tones proportional (Gr. S. 189, Gl. 1).

6. Die Schwingungszahl einer tönenden Platte ist ihrer Dicke proportional (Gl. 1, S. 209 d. Gr.).

7. Das statische Moment einer Kraft ist ihrem Hebelarm proportional.

8. Die Zeit, welche ein vertical in die Höhe geworfener Körper zum Steigen braucht, ist seiner Anfangsgeschwindigkeit proportional.

235. 1. Bei gleichem absoluten Gewichte $P$ ist das Volumen eines Körpers seinem specifischen Gewichte umgekehrt proportional

$$\left(V = \frac{P}{S}\right).$$

2. Bei gleichem statischen Moment verhält sich die Kraft umgekehrt wie der Hebelarm $\left(p\,l = P\,.\,L = const;\;\; p = \frac{const}{l}\right)$.

3. Das specifische Gewicht einer Flüssigkeit ist dem einsinkenden Volumen des Scalenaräometers umgekehrt proportional

$$\left(s = \frac{100}{y} \text{ oder } s\,.\,y = 100\right).$$

4. In Haarröhrchen ist die Steighöhe dem Durchmesser des Röhrchens umgekehrt proportional $\left(h = \frac{n}{d}\text{ S. 87 d. Gr.}\right)$.

5. Das Mariotte'sche Gesetz: das Volumen einer gegebenen Gasmasse ist dem Druck umgekehrt proportional, dem sie ausgesetzt ist, $\left(v = \frac{c}{p} \text{ oder } vp = c\right)$.

6. Die Wellenlänge eines Tones ist seiner Schwingungszahl umgekehrt proportional (Gl. 2 auf S. 189 d. Gr.).

7. Die Schwingungszahl einer gespannten Saite ist caeteris paribus ihrer Länge umgekehrt proportional $\left(z = \frac{n}{l}\right)$.

8. Nach dem Ohm'schen Gesetz ist die Stromstärke einer galvanischen Säule dem gesammten Leitungswiderstande der Kette umgekehrt proportional.

236. 1. Die Länge eines einfachen Pendels ist dem Quadrat der Schwingungsdauer proportional.

2. Die Schwingungszahl einer Metallplatte ist dem Quadrat ihrer Länge umgekehrt proportional (Gr. S. 209).

3. Die von dem leuchtenden Punkt ausgehende Erleuchtung ist dem Quadrat der Entfernung umgekehrt proportional.

4. Die Ausflußgeschwindigkeit ist der Quadratwurzel aus der Druckhöhe oder auch das Quadrat der Ausflußgeschwindigkeit ist der Druckhöhe proportional.

Müller, Johann

Auflösungen der Aufgaben des Grundrisses der Physik und Meteorologie sowie des dazu gehörigen mathematischen Supplementbandes

Braunschweig 1875